

Электронный журнал  
"Научное Образование"

ISSN 2658-3429

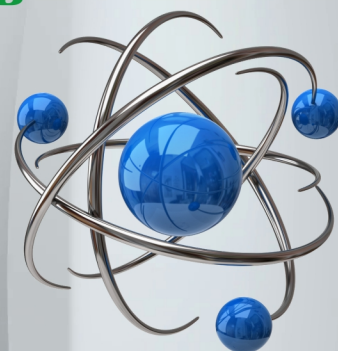
№ 1(1)2018

Ноябрь 2018

[www.na-obr.ru](http://www.na-obr.ru)

# Научное Образование

Научные статьи научных умов



## Статьи номера:

- *Токарев М.В.*  
"Умные" трансформаторы"
- *Хабибуллин И.З. и Хайруллин И.С.*  
"Оптимизация воздушных линий электропередач"
- *Федоров А.В.*  
"Методы повышения пропускной способности электропередач"
- *Козлов В.И.*  
"Многочастотный фазовый детектор для частотного синтеза"
- *Владимирова Л.П.*  
"Использование методов социологии в экологических исследованиях и проектах обучающихся"



УДК 082

ББК 76.02

НЗ46



## Электронный журнал "Научное Образование" № 1(1)2018

ISSN 2658-3429

Свидетельство о регистрации СМИ сайта [www.na-obr.ru](http://www.na-obr.ru):

ЭЛ № ФС 77 - 74050 от 19.10.2018г. выдано Роскомнадзором РФ

Договор с ООО "НЭБ" для индексации в РИНЦ: № 460-11/2018 от 21.11.2018г.

Санкт-Петербург, Издательство "Лучшее Решение", 2018г.

Издатель: ООО "Лучшее Решение" (ОГРН: 1137847462367, ИНН: 7804521052)

E-mail: [lu\\_res@mail.ru](mailto:lu_res@mail.ru)

Главный редактор: Алексеев А.Б.

Журнал издаётся в электронном виде и доступен для скачивания на сайте [www.na-obr.ru](http://www.na-obr.ru)

Возрастная категория: 12+

ISSN 2658-3429



9 772658 342009 >



## От редакции:

Перед вами первый номер электронного журнала "Научное Образование".

В этом номере опубликованы 5 научных статей.

**Вы можете добавить свою статью в следующий номер.** Он выйдет 5 февраля 2019г.

Все статьи считаются опубликованными в журнале с момента размещения на сайте

[www.na-obr.ru](http://www.na-obr.ru).

Опубликовать свою статью в журнале вы можете самостоятельно на сайте [www.na-obr.ru](http://www.na-obr.ru). Это очень просто и недорого. Статьи считаются опубликованными в журнале с момента их размещения и оплаты на сайте. Свидетельство о публикации автор (соавторы) смогут получить сразу, как только статья будет размещена на сайте.

Журнал выходит 4 раза в год, ежеквартально (5 февраля, 5 мая, 5 августа и 5 ноября).

В соответствующий номер журнала будут включены все ваши статьи, которые Вы пришлёте за соответствующий период, прошедший между выпусками номеров журнала.

Все номера журнала Вы сможете свободно скачать с сайта [www.na-obr.ru](http://www.na-obr.ru)

С наилучшими пожеланиями,  
Главный редактор  
Алексеев А.Б.



**Содержание номера 1(1)2018:**

<b>№</b>	<b>Статья:</b>	<b>Автор:</b>
1	"Умные" трансформаторы	Токарев Максим Владимирович
2	Оптимизация воздушных линий электропередач	Хабибуллин Ильшат Зулькарамович и Хайруллин Инсаф Султанович
3	Методы повышения пропускной способности электропередач	Федоров Андрей Валерьевич
4	Многочастотный фазовый детектор для частотного синтеза	Козлов Виталий Иванович
5	Использование методов социологии в экологических исследованиях и проектах обучающихся	Владиминова Любовь Павловна



## "Умные" трансформаторы

### "Smart" Transformers

**Автор: Токарев Максим Владимирович**

**КГЭУ, г. Казань**

Научный руководитель: доктор физико-математических наук, профессор Козлов В.К.

Трансформаторная отрасль считается одной из консервативных. Однако и там периодически происходят изменения, только не революционного, а эволюционного плана. Трансформаторы становятся не просто экономичными и технически совершенными, они становятся «умными» (smart, смарт).

Развитие энергетики ставит перед разработчиками новые и сложные задачи. В результате в скором времени трансформаторную отрасль ждут радикальные перемены.

Проанализировав основные тенденции рынка электрооборудования, можно сказать, что на данный момент при создании современных моделей трансформаторов основной упор делается на снижение затрат на их производство и эксплуатацию. Но главной задачей остается поиск новых конструкционных материалов, повышение эксплуатационной надежности и ремонтпригодности трансформаторного оборудования. Прогрессивные достижения в этом плане определяются созданием новых и усовершенствованием применяемых изоляционных материалов и магнитных составляющих. Существенным прогрессом в решении вопроса надежности можно считать применение новых аморфных материалов и создание пожаробезопасных трансформаторов.

По мнению специалистов-энергетиков, внедрение аморфных сплавов, имеющих большую величину удельных потерь, существенно улучшат характеристики магнитопроводов. Как следствие, на выходе производители получат существенное снижение потерь холостого хода и повышение надежности.

Малая толщина аморфного материала дает возможность применять его для витых конструкций магнитопроводов, то есть, использовать при производстве распределительных трансформаторов и трансформаторов небольшой мощности. В США уже применяют такую практику для производства маломощного трансформаторного оборудования. Новаторство пытаются применить для производства трансформаторов средней мощности. Для этого используется метод спрессовывания и увеличение ширины листа. Но основным показателем эффективности новаторской разработки заключается в том, что такие трансформаторы из экспериментального оборудования переходят в серийное производство.

Изучение магнитных материалов аморфного типа началось в 60-х годах прошлого столетия. Первым производителем аморфных лент считают американскую фирму AlliedSignal, которая



выпускала ленты толщиной 30-50 мкм. Ширина ленты была около 100 мм. Несмотря на то, что ленты имеют достаточную гибкость и эластичность, они обладают достаточно высокой твердостью (порядка 63-80 единиц по Роквеллу).

Другой задачей, в решении которой также применяются прогрессивные разработки, считается создание взрыво- и пожаробезопасных трансформаторов. При этом они не должны оказывать негативного влияния на экологию. В современных трансформаторах хлордиффенилы заменены на нетоксичные жидкие диэлектрики, производимые в Японии и США. В общем плане такое оборудование вполне отвечает необходимым требованиям безопасности.

Применяемые в трансформаторах жидкие диэлектрики должны отвечать определенным требованиям, а именно: быть нетоксичными, самогасящимися, биоразлагаемыми и обладать низким коэффициентом объемного теплового расширения.

В принципе, этим требованиям удовлетворяют искусственно созданные кремний-органические жидкости (КОЖ), в особенности полидиметилсилоксаны. Они обладают сравнительно низкой вязкостью, имеют хорошие свойства самопогашения и охлаждения. КОЖ имеют высокую молекулярную массу, поэтому они не аккумулируются в живых организмах и не вступают в процессы метаболизма. Этот материал устойчив к воздействию микроорганизмов, однако, попадая на поверхность почвы, он имеет свойство расплываться, создавая тонкую пленку. Под воздействием солнечных лучей эта пленка быстро разлагается на обычные и безопасные для окружающей среды вещества. Таким образом, применение КОЖ в трансформаторах уже становится нормой.

Однако все новые решения в трансформаторной области являются прогрессивным и поэтапным развитием идей, основа которых заложена еще в 80-х годах XX века. Этому есть свое объяснение: без проработки прежних направлений трансформаторная промышленность вряд ли смогла бы достойно ответить на возрастающие запросы нового времени. Тем не менее, выпуская серийные модели, разработчики не перестают думать, какими будут трансформаторы будущего.

Над созданием так называемой «умной» электросети работают инженеры всего мира. Во многих государствах подобные сети уже созданы, но для большего усовершенствования требуется создать новые трансформаторы. То трансформаторное оборудование, которое сейчас используется в электрике, имеют единственную функцию. Их задача понижать напряжения высоковольтных сетей до бытовых 220-240 В. Между тем, новые полупроводниковые (твердотельные) трансформаторы будут оснащены специальными компьютерными чипами, с помощью которых можно быстро и качественно провести отрегулировать напряжение.

Эксперты уверены, что твердотельные трансформаторы позволят более эффективно управлять нагрузками, оптимизируют потребление электроэнергии на объектах и дополнят «умную» энергосистему. Такие трансформаторы будут способны менять напряжение в зависимости от потребности объекта, подключать к домашней сети ветровые турбины, солнечные батареи или дизельные генераторы. Они смогут предотвращать перегрузку электросети и перераспределять энергию, увеличивая ее в те часы, когда стоимость электричества ниже.

Проще говоря, у «умного» трансформатора появится способность объединять несколько источников энергии с различными характеристиками, начиная от высоковольтных сетей и заканчивая бензиновым генератором. Такая сеть обеспечит дом бесперебойным энергоснабжением без приобретения дополнительных сложных систем для каждого типа оборудования в отдельности. Кроме того, трансформатор будет способен поддерживать напряжение на таком уровне, который необходим для стабильной работы бытовых приборов. Как показали проведенные в США исследования, применение «умных» трансформаторов позволило сэкономить



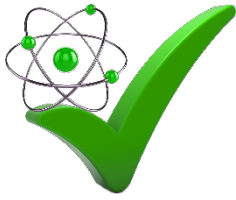
до 3% электроэнергии, что в несколько раз превышает объем энергии, вырабатываемой всеми солнечными панелями Америки.

Еще одной отличительной чертой «интеллектуальной» электросистемы будет уникальная возможность «общения» между энергосистемой и поставщиками электроэнергии для бесперебойной работы в сложных условиях.

У ВТСП-трансформаторов эксперты выделили следующие преимущества:

- Уменьшение на 90% нагрузочных потерь энергии при номинальном токе, что существенно повышает КПД трансформатора.
- Снижение веса и уменьшение габаритов трансформатора почти на 40%. Это позволяет использовать ВТСП-трансформаторы на действующих подстанциях без каких-либо конструктивных изменений. Транспортировка трансформаторов существенно облегчается.
- Новые трансформаторы обладают свойствами ограничения тока КЗ, а это при аварийном режиме защитит электрооборудование системы.
- За счет значительного уменьшения реактивного сопротивления трансформатор без регулировки обеспечивает стабилизацию напряжения.
- Высокая устойчивость к перегрузкам без повреждения изоляции и не приводящая к преждевременному старению трансформатора.
- Значительно снижен уровень шума.





## **Оптимизация воздушных линий электропередач**

### **Optimization of overhead power transmission lines**

**Авторы: Хабибуллин Ильшат Зулькарамович**

**и Хайруллин Инсаф Султанович**

**ФГБОУ ВО «Казанский Государственный Энергетический Университет», Казань, Россия**

#### Аннотация:

Состояние вопроса: На сегодняшний день электрическая энергия неотъемлемый продукт труда. В мире, где каждую секунду потребляется кило-, мега-, гигаватты электроэнергии необходимо постоянно оптимизировать процесс передачи электроэнергии.

Увеличение потребления электрической энергии — одна из причин задуматься об усовершенствовании линий электропередач, так как использование современных технологий намного эффективнее сказывается на процесс передачи электроэнергии.

Материалы и методы: Использовались информация о компании Алкатель Кабель (NEXANS – ее новое название) и применение неизолированных проводов AERO-Z.

Выводы: Предложено замена всех старых проводов на провода AERO-Z.

Ключевые слова: неизолированные провода AERO-Z, оптимизации процесса передачи электрического тока.

Khabibullin Ilshat Zulkaramovich

1Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russian Federation

#### Abstract

Background: The state of the matter: To date, electrical energy is an integral product of labor. In a world where kilo, mega, and gigawatts of electricity are consumed every second, it is necessary to constantly optimize the transmission of electricity.

The increase in prices for electric energy is one of the reasons for the refusal of many people to pay for it because it is a national good. In the context of this, the theft of electricity and issues related to its detection and taking measures are of primary importance. Thus, the question of the need to find a solution to the problem of reducing commercial power losses emerges.





The increase in electricity consumption is one of the reasons to think about the improvement of power transmission lines, as the use of modern technologies is much more effective in the process of electricity transmission.

Materials and methods: Information was used about Alcatel Cable (NEXANS - its new name) and use of non-insulated AERO-Z wires.

Conclusions: It is proposed to replace all old wires with AERO-Z wires.

Keywords: non-insulated AERO-Z wires, optimization of the transmission process of the current.

## I. ВВЕДЕНИЕ.

Провода, получившие название Aero-Z, представляют собой полностью связанные между собой проводники, которые состоят из одного или нескольких концентрических слоев круглых проволок (внутренние слои) и проволок в виде буквы «Z» (внешние слои). Каждый слой провода имеет скрутку по длине, выполненную с определенным шагом.

Название Aero-Z появилось не только от формы внешних проводников (Z), но и от значительно лучших аэродинамических характеристик проводов по сравнению с обычными круглыми проводами. Для наглядности приложил рисунок 1:

## II. СРАВНЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОВОДОВ МАРКИ АС и Aero-Z.

Сравним данные для проводов Aero-Z со справочными данными для отечественных проводов марки АС. Для примера возьмем провод АС 300/39 и провод Aero-Z типа 346-2Z. Удельное сопротивление провода Aero-Z на 3 % меньше, чем у обычного провода (0,097 и 0,1 Ом/км соответственно), следовательно на столько же будут меньше тепловые потери в проводе при транспортировке электроэнергии. Удельная масса провода на 18 % меньше по сравнению с проводом АС (958 кг/км и 1132 кг/км), диаметр – на 7 % (22,4 мм и 24 мм). Но наиболее наглядно преимущество проводов Aero-Z подтверждает сравнение усилия на разрыв: разница составляет 23 % (90,6 кг у АС против 111,3 кг у Aero-Z).

Кроме того, более гладкая внешняя поверхность приводит к существенному снижению потерь на корону (напряженность электрического поля, при котором начинается коронный разряд, у провода Aero-Z примерно на 15% выше, чем у обычного провода).

## III. Результаты.

Таким образом, заменив провода марки АС на провода Aero-Z мы получим следующие результаты:

- увеличение пропускной способности существующих линий;
- снижение механических нагрузок, прикладываемых к опорам ЛЭП, из-за пляски проводов;
- повышение коррозионной стойкости проводов и тросов;
- снижение риска обрыва провода при частичном повреждении нескольких внешних проволок из-за внешних воздействий, в том числе в результате удара молнии;
- улучшение механических свойств проводов при налипании снега или образовании льда.



**Список литературы:**

1. Николай Белоруссов «Электрические кабели, провода и шнуры» 2012г.
2. Вадим Боравский «Провода и кабели. Передвижная расчетная таблица» издательство: СОЛОН-Р // 2001г.
3. Анатолий Кравцов, Борис Узелков, Ефим Гологорский «Справочник по строительству и реконструкции линий электропередачи напряжением 0,4–750 кВ»
4. Справочник по сооружению линий электропередачи напряжением 35—750 кВ / под ред. М. А. Реута. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
5. Михайлов В. Е. и др. Современная электросеть. Книга + видеокурс. — СПб.: Наука и техника, 2013. — 256 с.: ил. ISBN 978-5-94387-818-3.





## Методы повышения пропускной способности электропередач

### Methods of improving transmission bandwidth

**Автор: Федоров Андрей Валерьевич**

**КГЭУ, г. Казань**

Науч. рук. Старший преподаватель Ахметова Р. В.

Быстрое развитие электроэнергетического сектора предполагает решение вопросов по повышению энергоэффективности и по покрытию потребности экономики и населения в энергоресурсах.

Между тем одной из проблем, препятствующих развитию энергосистемы, является снижение реальной пропускной способности линий. Это происходит в силу их физического и морального старения, вследствие чего возникает необходимость уменьшения перетоков энергии и мощности, ограничения токовых нагрузок, которые могут надёжно и безопасно осуществляться в нормальных и послеаварийных режимах работы сетей. Применение новых технологий в электроэнергетике и снижение расходов при передаче электроэнергии позволяют решить эту проблему.

Основными методами повышения пропускной способности являются: строительство дополнительных воздушных линий электропередач, замена старых проводов на провода с большим поперечным сечением, повышение класса напряжения и расщепление фазы. Все эти методы имеют существенный недостаток, при их применении может возникнуть необходимость в замене опор, изоляторов, трансформаторного оборудования, а также в усилении фундаментов и расширении коридора. Чтобы избежать лишних затрат на изменение конструкции нужно использовать методы, которые можно применять на уже существующих линиях электропередач.

На сегодняшний день существует два решения, которые не имеют недостатка вышеописанных методов. Одним из них является применение специальных типов проводов с улучшенными эксплуатационными характеристиками. Ими являются высокотемпературные и компактные проводники. Примером компактного провода является провод Aero-Z фирмы Nexans. Он представляет собой полностью связанные между собой проводники, состоящие из одного или нескольких концентрических слоев круглых проволок внутреннего слоя и проволок внешнего слоя в виде буквы «Z». Таким образом, за счет более плотной скрутки проводников и более гладкой внешней поверхности возможно использование более тонких и более легких проводов. Это, в свою очередь приводит к снижению электрических потерь на 10–15 %, в том числе потери на корону, и повышению механической прочности конструкции.

Примером высокотемпературного провода является провод марки АСТ. Проводники этой марки состоят из стального сердечника и проволок из алюминиевого термостойкого сплава, скрученных концентрическими повивами поверх стального сердечника. Они обладают следующими преимуществами: обладают повышенной механической и термической стойкостью; способны передавать большие токи, а, значит, и подводить большие мощности к потребителям; благодаря



высокой термической стойкости провода, необходимое время на плавку гололеда, а также связанные с этим процессом издержки и затраты сокращаются.

Вторым решением, не требующим глобальной реконструкции линий электропередач, является применение современных технологий для непрерывного мониторинга состояния воздушных электросетей. Одной из первых коммерческих систем мониторинга стала система Cat Product Link-1. В настоящее время во всем мире используется свыше 300 таких систем. Она обеспечивает мониторинг в реальном времени погодных условий и натяжения проводов в точках крепления к опорам. Основной модуль системы монтируется на опоре линий электропередач и весит порядка 50 кг. Датчики измерения натяжения проводов устанавливаются между изолятором и опорой.

В настоящее время получила широкое распространение и другая концепция реализации измерительного модуля для систем мониторинга. В отличие от системы мониторинга Cat Product Link-1, измерительный модуль монтируется на высоковольтный провод. Измерение тока в проводе и питание модуля осуществляется бесконтактно. Питание прибора производится от энергии, получаемой от провода через токовый трансформатор. Эта система обеспечивает в реальном времени измерение температуры и тока проводов.

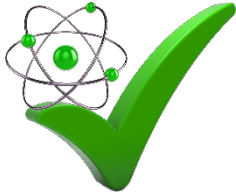
Вышеперечисленные решения являются наиболее эффективными как с экономической, так и с технической стороны. Именно их целесообразно использовать для увеличений пропускной способности линий электропередач.

#### **Список литературы:**

1. Герасименко, А. А. Передача и распределение электрической энергии /А. А. Герасименко, В. Т.Федин. - 2-е изд. - Ростов н/Д.; Феникс; Красноярск; Издательские проекты, 2008.
2. Щеглов Н. В. Современные подходы к совершенствованию и развитию воздушных линий электропередачи. / Н. В. Щеглов //Четвертая Российская научно-практическая конференция с международным участием «Линии электропередачи 2010: проектирование строительство опыт эксплуатации и научно технический прогресс» — Новосибирск.— 2010.
3. К. Конаков, В. Шкапцов. Восстановление пропускной способности ВЛ, ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЯ. Передача и распределение, 2011.



Рубрика: [Технические науки и технологии](#)



## Многочастотный фазовый детектор для частотного синтеза

### Multi-frequency phase detector for frequency synthesis

*(Первая часть статьи. Продолжение будет опубликовано во втором номере журнала)*

**Автор:**

**Козлов Виталий Иванович**

к.т.н., г. Киев, Украина

E-mail: [vkoslov@yandex.ru](mailto:vkoslov@yandex.ru)

Kozlov Vitaly Ivanovich

Kiev, Ukraine

E-mail: [vkoslov@yandex.ru](mailto:vkoslov@yandex.ru)

**Аннотация:**

Новый метод фазового сравнения на неравных частотах позволяет строить синтезаторы частоты на основе ФАПЧ с превосходными характеристиками спектральной чистоты сигнала и быстродействия, с высокой разрешающей способностью по частоте, низким потреблением и стоимостью. Принцип действия многочастотного фазового детектора основан на расщеплении фаз сравниваемых сигналов, когда управляющий сигнал для генератора в петле ФАПЧ формируется множеством парциальных фазовых детекторов с последующим суммированием их выходов.

**Abstract:**

A new method of phase comparison of unequal frequencies allows you to build a PLL based frequency synthesizers with excellent characteristics of spectral purity of tone and performance, high-resolution, low-frequency consumption and cost. The principle of operation of the multi-frequency phase detector is based on splitting the phases of the signals being compared when the control signal for the generator in the loop (PLL) formed many of the partial phase detectors and then sum them to exits.

**Ключевые слова:** синтезатор частоты, спектральная чистота, быстродействие.

**Keywords:** frequency synthesizer, spectral purity, performance.



## Введение.

Наиболее важными характеристиками частотных синтезаторов являются спектральная чистота генерируемого сигнала и их быстродействие, то есть скорость переключения на новую частоту. Понятно, что эти характеристики должны быть на достаточно высоком уровне, чтобы обеспечивать высокое качество сигналов телекоммуникационной и измерительной аппаратуры, в которых синтезаторы используются. Здесь нет необходимости рассматривать все известные структуры синтезаторов, поскольку они детально рассмотрены в таких, например, фундаментальных работах как [1-4]. Из них стоит лишь особо выделить прямые цифровые синтезаторы (DDS) и синтезаторы с делителями частоты в петле ФАПЧ. Первые, обладая высоким быстродействием, не обеспечивают часто требуемой высокой спектральной чистоты сигнала. Вторые, использующие целочисленные коэффициенты деления в петле [5-6], из-за хорошо известных недостатков используются лишь в случаях, когда не требуется обеспечивать высокие параметры разрешение по частоте, быстродействия и спектральной чистоты.

Многие компании, например, Analog Devices/Hittite, Skyworks Solutions, Synergy Semiconductor, Maxim Integrated, Linear Technologies, Texas Instruments, Peregrine, Qualcomm и другие производят микросхемы так называемых Fractional-N синтезаторов (с дробными коэффициентами деления и компенсацией помех дробности путём дельта-сигма модуляции). Они экономичны по потребляемой мощности, недорогие, но со спектральной чистотой довольно низкого уровня. Также и быстродействие их невысокое, поскольку необходимо сужать полосу ФАПЧ (как правило, она не более нескольких сотен кГц), чтобы подавлять шумы квантования из-за дельта-сигма модуляции.

Поэтому, чтобы обеспечить одновременно высокий уровень спектральной чистоты и быстродействия, разработчики синтезаторов прибегают к многопетлевым структурам, которые громоздки, дороги и с большим потреблением мощности.

That is why in order to provide simultaneously high levels of agility and spectral purity the designers resort to multi-loop structures which are bulky, very expensive, and with greatly increased power consumption.

Цель данной работы состоит в том, чтобы показать, что не все возможности однопетлевой структуры синтезатора исчерпаны. Есть ещё такие схемные варианты, в которых может быть реализованы достоинства всех известных типов синтезаторов. Это быстродействие DDS, низкая стоимость и потребление Fractional-N синтезаторов и высокая спектральная чистота многопетлевых структур.



Идея фазового расщепления для частотного синтеза впервые была запатентована автором данной работы более двух десятилетий назад [7; 8] и впоследствии развита в его статьях, например [9; 10]. Однако, несмотря на её высокие потенциальные возможности, оставалась без должного внимания специалистов в соответствующих областях техники. Так что данная работа ещё и для того, чтобы генерировать это внимание.

### Идея расщепления фаз

Положим, что в некоторой системе, в которой, наряду с полезной постоянной составляющей, присутствует помеха в виде импульса с периодом  $T=32$  условных временных интервалов, как это показано на **рисунке 1** (диаграмма 'А').

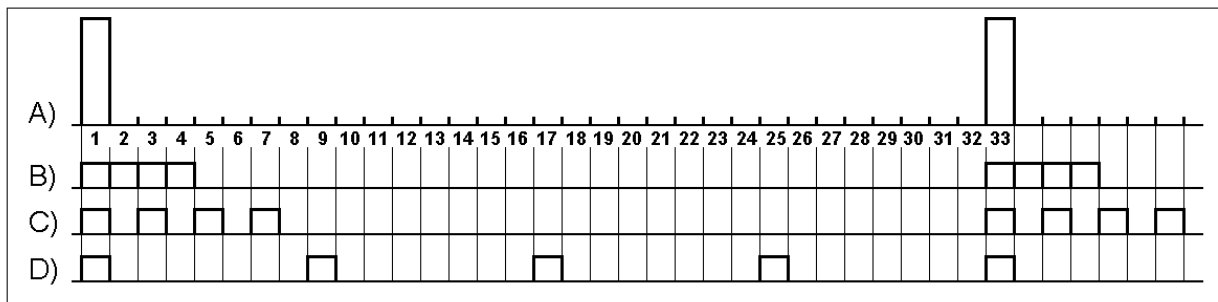


Рис. 1.

#### К пояснению идеи расщепления

Сдвинем представленную диаграмму на 1, 2 и 3 интервала (такта), просуммируем исходную и сдвинутые диаграммы, каждую с весом  $1/K$ , где  $K=4$  (по числу диаграмм), и в результате получим диаграмму 'В'. При этом понятно, что с постоянной составляющей ничего не могло случиться, она останется на прежнем уровне, и потому на диаграммах она не показана. Как видим из этой диаграммы, амплитуда полученного импульса уменьшилась в 4 раза, но во столько же раз увеличилась ширина импульса, то есть мощность его осталась прежней. На диаграмме 'С' показан случай, когда сдвиги выбраны равными 2, 4 и 6 тактов. И в этом случае мощность помехи практически не изменилась. Если же выбрать сдвиги в 8, 16 и 24 такта (диаграмма 'D'), то выигрыш по уменьшению уровня помехи оказывается существенным: амплитуда помехи уменьшилась в  $K$  раз, и, более того, её частота увеличилась в  $K$  раз (легче её отфильтровать). То есть, чтобы идея эффективно работала, дискретность сдвигов должна быть равной  $T/K$ .

Использование описанного метода для целей частотного синтеза предполагает наличие нескольких парциальных фазовых детекторов, на входах которых действуют сравниваемые по фазе импульсные последовательности, должным образом сдвинутые во времени относительно друг друга. Тогда,



согласно с описанной идеей, от каждого парциального детектора берётся доля  $1/K$  его полного напряжения на выходе.

Казалось бы, идея проста, универсальна и пригодна для борьбы с помехами в любой системе частотного синтеза. Однако это не совсем так. В принципе, можно её применить, к примеру, в синтезаторе типа Fractional-N PLL для снижения помех дробности, и такие попытки предпринимались [11; 12], но при этом возникают проблемы практического плана. Нетрудно представить какой длины во времени будет процесс на входах парциальных детекторов Fractional-N PLL синтезатора, в том числе и в варианте с дельта-сигма модуляцией, если требуется получить сетку частот, скажем 1 Гц. Это многие миллионы тактов, и потому, чтобы получить существенный положительный эффект необходимы сдвиговые регистры чрезвычайно большой длины. Кроме того, поскольку меняется целочисленная часть коэффициента деления  $N$ , надо менять и длину регистров, что сопряжено с дальнейшим существенным усложнением структуры. На практике же используют сдвиги всего лишь на несколько тактов, что, естественно, малоэффективно в снижении уровня помех дробности и шумов. Так, в работе [13] показано, что при использовании 4-х временных сдвигов получается выигрыш по шумам порядка 3 дБ, но при отстройках от сигнала, значительно превышающих 10 кГц. При меньших отстройках, 10 кГц и менее, выигрыша практически нет.

Следует также отметить, что в простейшем виде, в синтезаторах с целочисленными коэффициентами деления, идею расщепления фаз используют для снижения уровня шумов за счёт повышения частоты сравнения и некогерентного сложения шумов [14]. Небезынтересно также заметить, что в таком виде идея запатентована как новая [15] без ссылки на первоисточники [7; 8], где она значительно ранее была запатентована.

Далее рассмотрим структуры МЧФД, в которых рассмотренный метод действует в полную силу заложенных в нём возможностей.

Идея фазового расщепления может использоваться в двух новых типах синтезаторов. Для краткости назовём их как PDS (Phase Digital Synthesizer) и PDS-DSM (с дельта-сигма модуляцией). Для них соответствующие 2 варианта МЧФД включают часть блоков, общих для обоих вариантов, а также ряд других блоков с особенностями для каждого из них. Общая для обоих вариантов структура, собственно и отражающая идею расщепления фаз, показана на **рисунке 2**.



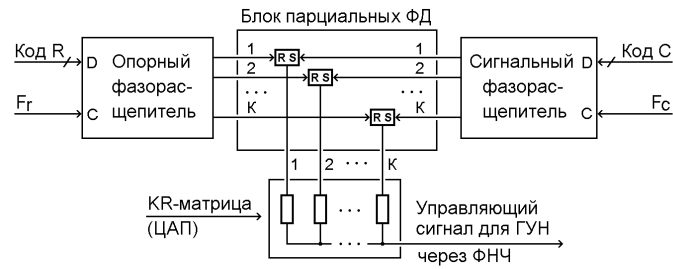


Рис. 2. Общая для вариантов МЧФД структура.

Она включает идентичные опорный и сигнальный фазовые расщепители, работающие на блок парциальных фазовых детекторов и далее – на сумматор выходов детекторов. Каждый из фазорасщепителей имеет, соответственно, вход для управляющего кода  $R$  или  $C$  и вход для тактовой частоты  $F_r$  или  $F_c$ . Они действуют таким образом, чтобы с каждым тактом  $F_r$  или  $F_c$  импульсы, называемые далее как расщеплённые фазы, в количестве  $R$  или  $C$  поступали последовательно во времени на выходы фазорасщепителей, как бы замкнутых в кольцо. Сумматор может быть выполнен в виде  $KR$ -матрицы (с резисторами одинаковой величины), или же может использоваться сегментированный ЦАП. На выходе сумматора формируется сигнал, который через ФНЧ управляет частотой генератора ГУН в петле ФАПЧ.

Количество расщеплённых фаз  $K_r$  и  $K_c$ , соответственно в опорном и сигнальном трактах, могут отличаться в целое число  $k$  раз. Тогда входы парциальных фазовых детекторов тракта с меньшим количеством фаз объединяются в группы по  $k$  входов в каждой группе и подключаются к выходам фазорасщепителя с меньшим количеством фаз. Например, если в опорном тракте количество фаз равно  $K_r=32$ , а в сигнальном тракте  $K_c=4$ , то  $k = K_r/K_c = 8$ . В таком случае в качестве фазорасщепителя сигнального тракта можно использовать простой 4-разрядный кольцевой счётчик.

На **рисунке 3** представлены диаграммы, поясняющие работу МЧФД в сравнении с работой обычного фазового детектора. Диаграммы  $A$  – для обычного ФД и диаграммы  $B$  – для МЧФД. Фазорасщепители в МЧФД могут быть довольно большой ёмкости  $Q$  и тактироваться неравными частотами  $F_r$  и  $F_c$ . Однако для большей наглядности сравнения ёмкости в обоих трактах ограничены малым значением  $Q=4$ , тактовые частоты выбраны равными и количество расщеплённых фаз равно  $K=4$ .

Из рассмотрения рисунка .37 следует важный факт, что в МЧФД нет необходимости в делении частоты для приведения частот к равенству с последующим фазовым сравнением, что неизбежно в случае обычной системы с ДПКД. Сравнение фаз происходит непосредственно на исходных частотах: временное положение каждого импульса сигнальной последовательности контролируется опорными импульсами и каждый опорный импульс через МЧФД используется для этого контроля.



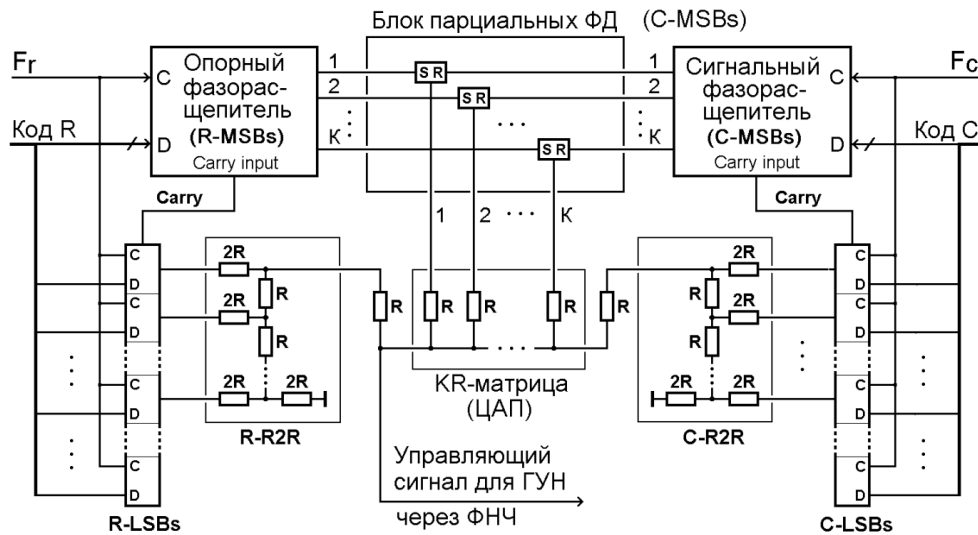


Рис.4. Схема МЧФД для синтезатора PDS

Схема выглядит вполне симметрично; она включает идентичные по виду опорный и сигнальный тракты. Однако, как по количеству элементов в трактах, то полной симметрии здесь нет, о чём будет ниже.

В схеме на рисунке 38 каждый из трактов, опорный и сигнальный, содержит фазорасщепители, управляемые соответствующими кодами R или C. Фазорасщепители работают на парциальные фазовые детекторы, в качестве которых могут быть использованы RS-триггеры, схемы XOR, частотно-фазовые детекторы с накачкой заряда (ЧФД), а также фазовые детекторы других типов.

Но для обеспечения необходимой разрешающей способности по частоте одних фазорасщепителей с блоком парциальных детекторов может оказаться недостаточно, поскольку существуют технологические ограничения количества расщеплённых фаз и равному ему количеству парциальных детекторов. Нет проблем получить количество фаз, скажем, 32, а то и 256, но, чтобы обеспечить разрешение по частоте, допустим, 1 Гц, что не является таким уж жёстким требованием, их бы потребовалось многие тысячи. Это, конечно, превосходит разумные пределы.

Проблема решается тем, что, как показано на рисунке, в трактах, опорном и сигнальном, включены аккумуляторы младших разрядов (Less Significant Bits) R-LSBs и C-LSBs, подключенные к шинам соответствующих управляющих кодов R и C и тактируемые теми же частотами  $F_r$  и  $F_c$ . Эти аккумуляторы формируют импульсы переноса для более старших разрядов всего МЧФД (R-MSBs и C-MSBs) в соответствующих фазорасщепителях таким путём, благодаря увеличению ёмкостей трактов, достигается желаемое разрешение по частоте.



В общем случае числовые значения управляющих кодов аккумуляторов R-LSBs и C-MSBs не кратны полным ёмкостям соответствующих трактов, из-за чего возникают помехи дробности на выходе синтезатора. Для компенсации этих помех используются, как показано на рисунке, R2R-секции ЦАП, R-R2R и C-R2R. Их входы подключаются к выходам более старших разрядов соответствующих аккумуляторов R-LSBs и C-LSBs, а выходы, через согласующие резисторы, – к KR-секции ЦАП. Количество разрядов, используемых для компенсации помех, определяется достижимой их точностью и составляет порядка 12-14 разрядов.

### **МЧФД для синтезатора PDS-DSM типа.**

Вначале следует напомнить историю самого метода DSM, который был предложен Уэлсом [16] из фирмы Marconi Instruments (ныне IFR) применительно к синтезаторам типа Fractional-N PLL. Метод не требует аналоговых компонентов для компенсации помех дробности, которые были необходимыми в различных схемах с дробным делением частоты.

Сам метод, как таковой, был известен намного раньше, ещё в 1960-х годах, и использовался для построения одноразрядных ЦАП и АЦП [17-20]. В частности, фирма Matsushita разработала и применяла такой ЦАП для чтения компакт-дисков в плеерах. Кроме того, Nigel King из фирмы Racal Electronics добавил второй аккумулятор в синтезаторе RA1792, осуществив, таким образом, много раньше Уэлса, MASH второго порядка [21]. Brian Miller из Hewlett Packard тоже предложил свою версию MASH [22]. Хотя это было позже патента Уэлса, версия никаких улучшений не давала, а отличие было, образно выражаясь, как между  $A+B$  и  $B+A$ .

Перечисленные выше факторы привели к длительным судебным процессам между Marconi Instruments, Racal Electronics, Hewlett Packard и другими для установления заслуг каждой из фирм в развитии метода. Однако же результатов эти процессы не дали, и фирмы решили их прекратить, просто перейдя со своей продукцией к конкуренции на рынке.

Однако же заслуга Уэлса, несомненно, является наиболее значительной, поскольку именно он первый предложил использование метода с включением всех его возможностей, то есть при MASH любого порядка. И недаром в одной из статей от фирмы Marconi Instruments, для которой он и сделал это изобретение, его назвали "чародеем профильной лаборатории".



Естественно, что первой компанией, которая начала интенсивно использовать изобретение Уэлса, была именно Marconi Instruments, в частности, в своих генераторах 2030 и 2031. В апреле 1995 года она была удостоена высокой награды Queens Award за технологические достижения в работах над Fractional-N системами. И после вхождения в IFR она продолжала работы в этом направлении, одновременно продавая лицензии на данную технологию многим другим компаниям.

Однако путь к настоящему широкому воплощению идеи оказался довольно-таки долгим. Прошло не менее 20 лет с момента опубликования патента Уэлса, когда практически каждая фирма, имеющая выход на интегральную технологию, производит чипы Fractional-N PLL синтезаторов своей собственной разработки. В этих разработках идея Уэлса не претерпела каких-либо существенных изменений и усовершенствований, масса чипов на рынке как близнецы-братья, и трудно представить, как каждая из фирм выдерживает жёсткую рыночную конкуренцию.

Схема МЧФД для варианта PDS-DSM синтезатора показана на рисунке 5.

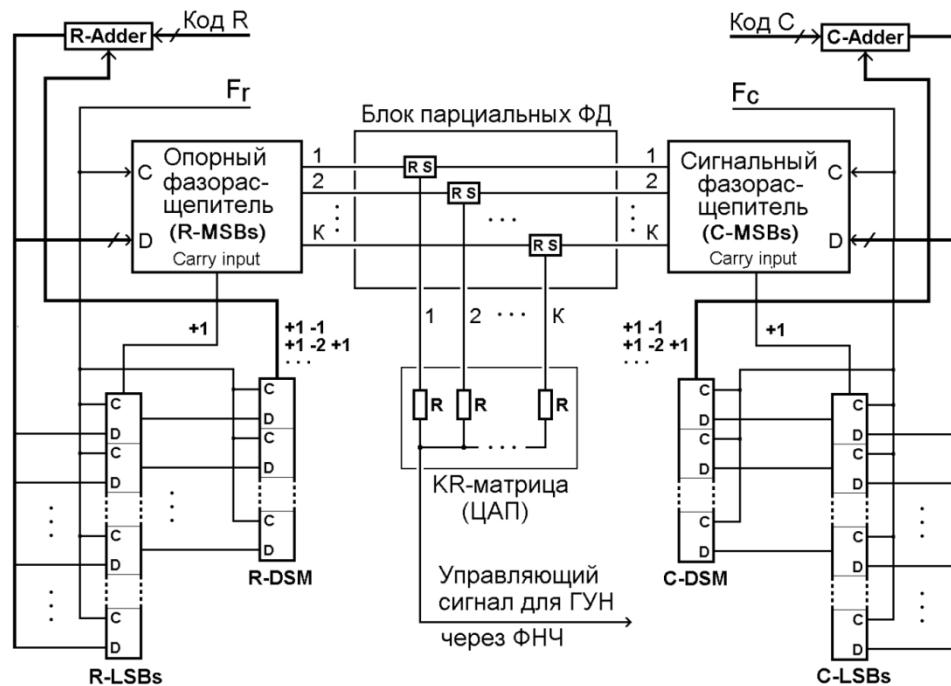


Рис.5. Схема МЧФД для синтезатора PDS-DSM

Она отличается наличием блоков R-DSM и C-DSM, служащих для компенсации помех дробности путём дельта-сигма модуляции содержимого фазорасщепителей R-MSBs и C-MSBs. В каждом тракте содержится блок аккумуляторов R-DSM или, соответственно, C-DSM для формирования последовательностей треугольника Паскаля [69; 70], являющихся командами для добавления соответствующих чисел к текущим состояниям фазорасщепителей R-MSBs и C-MSBs через соответствующие сумматоры R-Adder и C-Adder. В блоках аккумуляторов R-DSM и C-DSM



необходимое количество разрядов может быть меньшим, чем в блоках R-LSBs и C-LSBs. Оно, как и в случае PDS синтезатора, ограничено достижимой точностью ЦАП (KR-матрицы) и так же может составлять порядка 12-14 разрядов.

Каждый из описанных вариантов МЧФД обеспечивает частоту  $F_c$  синтезатора, равную

$$F_c = F_r \frac{R * Q_c}{C * Q_r},$$

где  $Q_r$  и  $Q_c$  – полные ёмкости опорного и сигнального трактов, включающие ёмкости блоков MSBs и LSBs, а  $R$  и  $C$  – числовые значения соответствующих кодов, представленных целыми числами относительно указанных ёмкостей.

Шаг  $dF$  сетки частот равен

$$dF = F_r \frac{Q_c}{C * Q_r}.$$

Как следует из формулы для  $F_c$ , можно управлять частотой синтезатора как путём изменения значения кода  $R$  так и  $C$ . Однако, чтобы обеспечить требуемый, достаточно малый шаг сетки частот, можно ограничиться соответственно большой ёмкостью только в одном, например, в опорном тракте, а в сигнальном тракте она может быть значительно меньшей, вплоть до исключения блока LSBs. Тогда всё ещё остаётся возможность получать практически одну и ту же частоту сигнала при различных комбинациях значений кодов  $R$  и  $C$ . Это позволяет выбирать наиболее предпочтительные комбинации этих кодов с точки зрения минимума помех дробности на выходе синтезатора, в частности, избавляться от помех типа Integer Boundary Spurs (IBS).

### **Статические характеристики МЧФД.**

Статические характеристики многочастотного фазового детектора (МЧФД) имеют ту особенность, что их крутизна в общем случае не одинакова для опорного и подстраиваемого сигналов. Покажем это расчетами.

Протяжённость по фазе статических характеристик по опорному и подстраиваемому сигналам определяется частотами сравнения в парциальных фазовых детекторах. Эти частоты равны, в среднем, для опорного тракта –  $RF_r/Q_r$ , а для сигнального тракта  $CF_c/Q_c$ , где  $Q_r$  и  $Q_c$  – ёмкости



распределителей импульсов (фазорасщепителей) соответственно опорного и сигнального трактов, а  $R$  и  $C$  – соответствующие им числовые значения управляющих кодов.

В установившемся режиме, то есть в состоянии синхронизма в петле ФАПЧ, эти частоты равны:  $RF_r/Q_r = CF_c/Q_c$ , но частоты  $F_r$  и  $F_c$  в общем случае отличаются, и потому во столько же раз отличаются отношения  $R/Q_r$  и  $C/Q_c$ . Это значит, что протяжённость по фазе характеристики опорного тракта составляет  $2\pi Q_r/R$ , а для сигнального тракта -  $2\pi Q_c/C$ . Отсюда следуют выражения для крутизны статических характеристик  $S_r$  и  $S_c$  для опорного и подстраиваемого сигналов соответственно:

$$S_r = U_{\max} \frac{R}{2\pi Q_r} \quad \text{и} \quad S_c = U_{\max} \frac{C}{2\pi Q_c},$$

где  $U_{\max}$  - полная шкала напряжения на выходе МЧФД.

### Схемы фазорасщепителей.

Возможны несколько вариантов схем фазорасщепителей для МЧФД. Они могут быть построены на аккумуляторах, цифровых сумматорах, а также на элементах цифровой логики. Здесь рассмотрим первую из них как наиболее простую для понимания.

### МЧФД с фазорасщепителем на аккумуляторах.

На **рисунке 6** показана схема МЧФД, в которой функции расщепителя фазы выполняет набор из  $K=4$  (как пример) аккумуляторов. В то же время аккумуляторы в своей сумме составляют блок более старших разрядов (More Significant Bits – MSBs) полного аккумулятора, в который, кроме того, входит блок менее значащих разрядов (Less Significant Bits – LSBs), также являющийся аккумулятором.

Блок LSBs связан с блоком MSBs цепью переноса, так что импульс его переполнения в виде логической единицы поступает на вход приёма переноса каждого аккумулятора. Оба блока тактируются опорной частотой  $F_r$ .

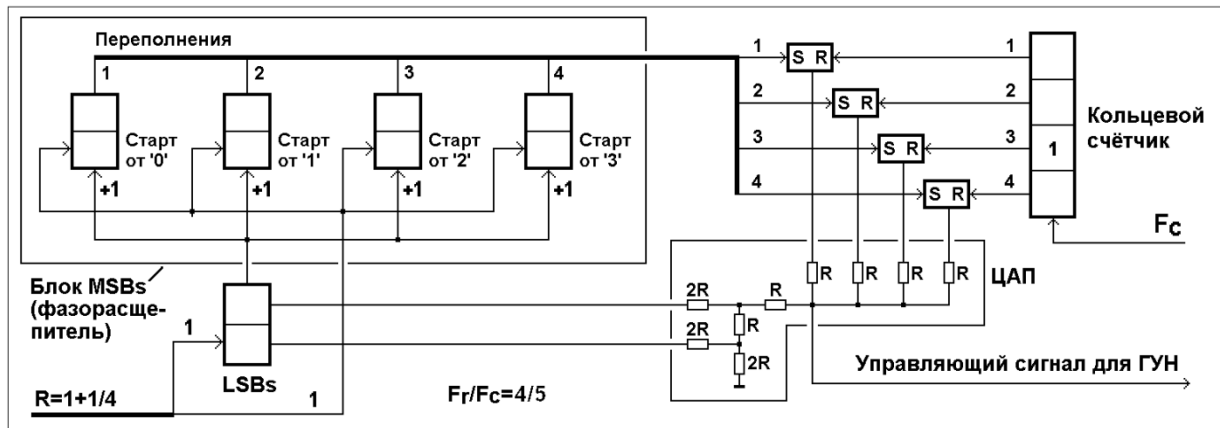


Рис. 6. Схема МЧФД на основе аккумуляторов в фазорасщепителе.

Аккумуляторы блока MSBs отличаются лишь начальными условиями их работы. Если процесс накопления в первом из них начинается с '0', то второй стартует с состоянием '1', третий - с состоянием '2' и четвёртый - с состоянием '3'. Импульсы переполнения аккумуляторов поступают на входы парциальных детекторов; каждому аккумулятору соответствует свой детектор. На другие входы детекторов приходят импульсы с сигнального фазорасщепителя, в качестве которого в данной схеме используется, кольцевой счётчик, тактируемый импульсами сигнала с частотой  $F_c$ . Так выбрано для упрощения пояснений о работе МЧФД и соответствует случаю, когда емкость фазорасщепителя в сигнальном тракте равна  $Q=4$ , а числовое значение кода на его входе равно  $S=1$ , и тогда он превращается в эквивалент кольцевого счётчика.

С той же целью упрощения, разрядность аккумуляторов выбрана небольшой, всего по 2 двоичных разряда в каждом аккумуляторе. Значение кода на входе полного аккумулятора равно  $R=5$ : по единице в MSBs и LSBs блоках. Если же считать относительно ёмкости  $Q=4$  фазорасщепителя, то значение кода  $R$  равно  $R=1+1/4$ . В данном случае предполагается, как пример, что в качестве парциальных детекторов использованы RS-триггеры.

Выходы детекторов составляют  $K$  равновесных старших разрядов ЦАП. Младшие разряды ЦАП, построенные по системе R2R, работают от импульсов с выхода блока LSBs, что, как будет показано ниже, служит для компенсации помех дробности. На выходе ЦАП формируется напряжение для управления частотой ГУН.

На рисунке 7 показаны текущие состояния аккумуляторов и импульсы на выходе фазорасщепителя. Значения текущего содержимого каждого аккумулятора в моменты переполнений на рисунке подчёркнуты. Когда аккумулятор LSBs переполняется, он переходит в состояние '0', и в этом случае, за счёт переноса из блока LSBs в блок MSBs, к текущему содержимому последнего добавляется единица, в результате чего на соседних выходах фазорасщепителя одновременно





появляются 2 импульса вместо одного. При этом получается, что выходы фазорасщепителя как бы замкнуты в кольцо.

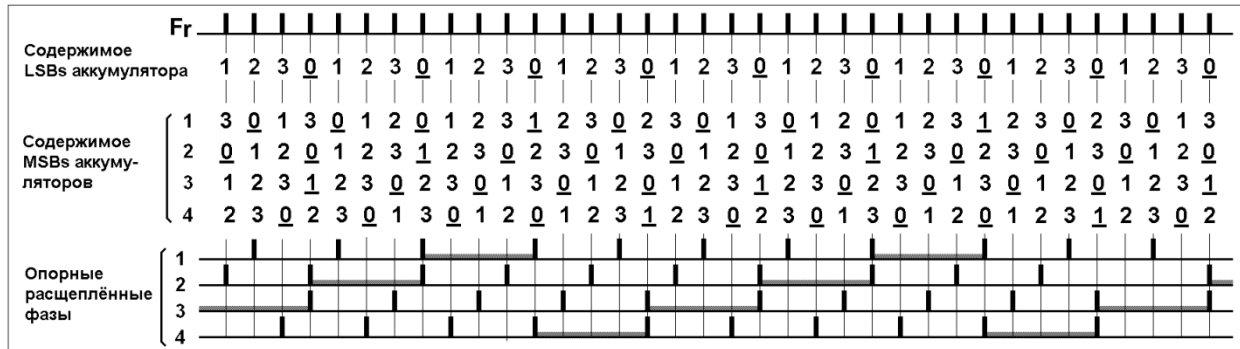


Рис. 7. К пояснению работы фазорасщепителя.

Характерно, что после каждого интервала между импульсами в 4 такта далее следуют 4 интервала длительностью в 3 такта. Для большей наглядности этой закономерности интервал в 4 такта заштрихован. Это свидетельствует о том, что импульсные процессы на выходах фазорасщепителя полностью идентичны и сдвинуты по времени относительно друг друга на  $Q/K=16/4=4$  такта, где  $Q$  – ёмкость полного аккумулятора (включая блок младших разрядов).

Важно заметить, что эта закономерность сохраняется независимо от разрядностей MSBs и LSBs блоков. Таким образом, здесь решена проблема, которая возникала при попытке применения идеи расщепления фаз в варианте Fractional-N PLL синтезатора. Нет необходимости использовать сдвиговые регистры ёмкостью во много миллионов бит.

Работа такого варианта МЧФД поясняется с помощью **рисунка 8**. Диаграммы на этом рисунке выполнены для случая, установившегося в системе ФАПЧ отношения частот  $F_r/F_c=4/5$ . Выход ЦАП содержит только постоянную составляющую  $E_c$ , используемую для управления частотой ГУН, и две пилообразные компоненты с частотами  $F_r$  и  $F_c$ , устранимые фильтром нижних частот.

Важной особенностью рассмотренной структуры является отсутствие делителей частоты для приведения частот опоры и сигнала к равенству. Фазовое сравнение происходит непосредственно на исходных частотах. Поэтому в системе ФАПЧ нет умножения помех, приведенных ко входу ФД, как это имеет место в синтезаторах типа Fractional-N PLL.

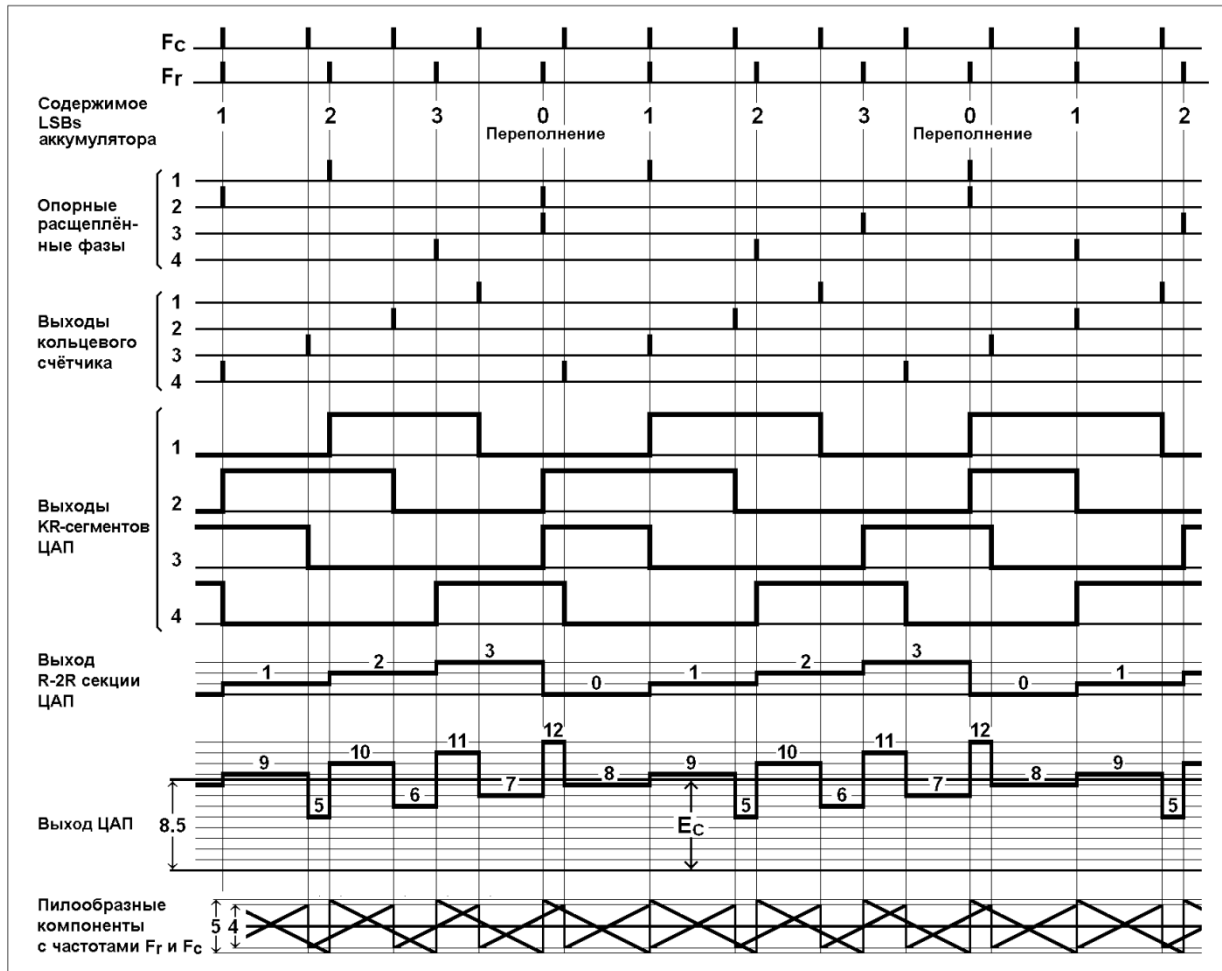


Рис. 8. Временные диаграммы, поясняющие работу МЧФД на рисунке 38

Другая особенность состоит в наличии множества парциальных детекторов и, соответственно, множества равновесных разрядов в старшей секции ЦАП, что позволяет значительно повысить его точность, которая в итоге определяет спектральную чистоту сигнала.

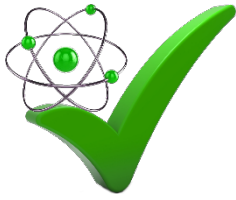
### Литература:

- [1] V. Kroupa, *Frequency Synthesis Theory, Design and Applications*, John Wiley & Sons Inc., Hoboken, NJ, 1973.
- [2] V.Kroupa, *Direct Digital Frequency Synthesizers*, New York: IEEE Press, 1999.
- [3] V. Manassewitsch, *Frequency Synthesizers Theory and Design*, Third Edition, John Wiley & Sons Inc., Hoboken, NJ, 1987.
- [4] A. Chenakin, *Frequency Synthesizers: Concept to Product*, Artech House, Boston/London, 2010, 214 p.
- [5] Young C.J., *Stabilized Oscillator Generator*, US Patent # 2,490,500, 06.12.1949, Filed Dec. 29, 1946.



- [6] Woodward J.D., *Variable Frequency Oscillation Generator*, US Patent # 2,490,499, 06.12.1949, Filed April 23, 1947.
- [7] Козлов В.И., Патент России № 2003227, *Синтезатор частоты*, приоритет 30.05.1991, опубликовано 15.11.1993.
- [8] Koslov V.I., *Digital PLL Frequency Synthesizer*, US Patent 5,748,043,
- [9] Vitaly Koslov, *A New Concept in Frequency Synthesis*, Microwave Product Digest, Oct 2010.
- [10] Vitaly Koslov, *A Low Cost PLL Frequency Synthesizer with Fine Frequency Resolution*, Microwave Product Digest, Feb 2011.
- [11] Woogeun Rhee and Akbar Ali, *Phase/frequency detector with time-delayed inputs in a charge pump based phase locked loop and a method for enhancing the phase locked loop gain*, US Patent 6,147,561, 14.11.2000.
- [12] Baoyong Chi and others, *A Fractional-N PLL for Digital Clock Generation With an FIR-Embedded Frequency Divider*, Institute of Microelectronics, Tsinghua University Beijing 100084, China, 1-4244-0921-7/07, 2007 IEEE.60-69
- [13] Koji Tsutsumi and others, *A Low Noise Multi-PFD PLL with Timing Shift Circuit*, Mitsubishi Electric Corporation, 5-1-1, Ofuna Kamakura, Kanagawa, 247-8501, Japan, 978-1-4673-1088-8/12/\$31.00 ©2012 IEEE.
- [14] Fujitsu News, 8 October 2013, *Fujitsu Develops Low-Noise Signal-Generating Circuit Technology for Automotive Radar and Other Transceivers -*
- [15] Jen-Chung Chang et al, *Phase Locked Loop with Shifted Input*, US Patent 7,636,018, 22.12.2009.
- [16] Wells J.N., *Frequency Synthesizers*, US Patent 4,609,881, 02.09.1986, Priority May 17, 1983, GB Patent 8,313,617.
- [17] S. Norsworthy, R. Schreier, and G.Temes, *Oversampling Delta-Sigma Data Converters*, New York: IEEE Press, 1992.
- [18] B. Boser, and B. Wooley, *The Design of Sigma-Delta Modulation Analog-to-Digital Converters*, IEEE J. Solid-State Circuits, Vol. 23, No. 6, December 1988, pp. 1298–1308.
- [19] J. Rogers, C. Plett and F. Dai, *Integrated Circuits for High-Speed Frequency Synthesis*, Artech House, Boston/London, 2006.
- [20] Уолт Кестер, *Аналого-цифровое преобразование*, перевод с английского, М.: Техносфера, 2007.
- 
- [21] King N.J.R, *Phase-Locked Loop Variable Frequency Generator*,. US Patent 4,204,174, 20.05.1980, Filed Nov. 09, 1978.
- [22] Miller B.M., *Multiple Modulator-Fractional-N Divider*, US Patent 5,038,117, 06.08, 1991, Filed Sep.07, 1990.69-70

**(Продолжение статьи в следующем номере)**



## **Использование методов социологии в экологических исследованиях и проектах обучающихся**

### **The use of sociology in environmental studies and projects of students**

**Автор:**

**Владими́рова Любо́вь Па́вловна**

Основным условием развития творческих способностей учащихся является активное включение их в образовательный процесс как исследователей, самостоятельно добывающих знания, открывающих для себя что-то новое, неизвестное. Одной из продуктивных форм работы практической направленности с обучающимися является исследовательская деятельность.

Экология как наука, учебный предмет дает большие возможности для организации такой деятельности. «Сегодня возрастает социальная значимость научно-исследовательских работ учащихся в области экологии, поскольку в современном мире остро стоит проблема взаимоотношений человека и природы, а термин “экология” используют с такими словами как “общество”, “семья”, “культура”. [1]

При проведении экологических исследований наряду с физико-химическими и биоиндикационными методами иногда в качестве дополнения используются методы социологии. Это прежде всего опросные методы, которые преследуют цель изучения общественного мнения по той или иной экологической проблеме. Например, в работе учащихся гимназии «Оценка качества питьевой водопроводной воды г. Выборга» (2014 г.), в основу которого было заложено исследование биохимических показателей воды, использовались также данные социологического опроса «Какую воду мы пьем». Участвовавшие в этом опросе жители города не только выразили свое отношение к данной проблеме, но и дали оценку органолептических свойств водопроводной воды (цвет, вкус, запах, прозрачность). Эта оценка подтвердила данные, полученные опытным путем. Однако провести опрос, особенно не специалисту, задача не простая. Чтобы правильно провести социологический опрос и его результаты имели вес, начать надо с написания гипотезы опроса, в которой формулируется проблема, цель исследования, определяется методика опроса и обработки данных, обосновывается выбор аудитории, мнение которой нас интересует, указываются ожидаемые результаты. Все эти этапы, учащиеся проходят под руководством педагога.

При сборе социологических данных в экологических исследованиях используют такие виды опроса, как анкетирование и интервью. Анкетирование самый распространённый в социологии метод. Искусство составления анкеты состоит в правильной формулировке и расположении вопросов. Вопросы в анкете формулируются максимально конкретно и точно. Нельзя допускать неясности и двусмысленности. Логика построения вопросов в анкете соответствует целям опроса и служит получению только такой информации, которая проверяет гипотезу. Учащиеся составляют анкету вместе с руководителем, который вносит коррективы. Анкета должна содержать небольшое количество вопросов, требующих простых, однозначно трактуемых ответов. Такие вопросы называются закрытыми. Если вопрос предполагает большее, чем «да» или «нет», количество ответов, то нужно продумать и привести все возможные варианты. Так, в работе



«Безнадзорные животные как одна из экологических проблем города Выборга» (2016 г.) помимо других методов применялся опрос жителей. Вопрос анкеты, который юные исследователи никак не могли обойти, звучал так: «Какие же методы сокращения численности бездомных собак Вы считаете наиболее приемлемыми?». Чтобы облегчить задачу респондентам были предложены возможные альтернативы: - содержание в приютах, питомниках, с дальнейшим нахождением нового хозяина; - усиление контроля за хозяевами домашних животных (обязательные учет, регистрация, ответственность пред законом); - стерилизация; - физическое уничтожение.

Открытых вопросов, рассчитанных на свободный ответ анкетирруемых, следует использовать минимум, так как они трудны в обработке и интерпретации. Но совсем без открытых вопросов не обойтись. Так, например, в исследовательском проекте «Бытовая химия: польза или вред» (2016 г.) использовалась анкета о применении средств бытовой химии дома. Чтобы изучить выбор домохозяйек, в закрытом вопросе должен был бы быть представлен весь ассортимент этих средств, а это огромный список. Да и опрос был не маркетинговый, а имел совсем другую цель. Поэтому в анкету включили два открытых вопроса: Какие средства бытовой химии Вы используете при стирке белья? Какие средства используете для мытья посуды? В дальнейшем при обработке анкет составили ранжированный список наиболее используемых в быту химических средств.

При составлении анкеты исследователи экологических проблем не должны забывать и о тех вопросах, которые касаются пола, возраста, возможно, рода деятельности опрашиваемых. Эти вопросы нужны для того, чтобы посмотреть, отличаются ли взгляды на одну и ту же экологическую проблему людей с разными демографическими характеристиками. К примеру, в опросе о безнадзорных животных в городе, люди старшего поколения (50 лет и более) проявляют, судя по ответам, больший гуманизм к обездоленным животным, нежели молодые (20-40 лет). Молодые респонденты чаще выражают безразличное отношение к бездомным животным, не подкармливают их, не готовы взять их в дом и многие из них высказываются за физическое уничтожение четвероногих бродяг.

Социологический опрос в экологических исследовательских проектах иногда может использоваться не только как дополнение, но и как основной метод. В 2013 году учащиеся гимназии провели исследование «Экологические проблемы города Выборга глазами его жителей», в основу которого были положены несколько мини-опросов по следующим темам: «Город и бытовые отходы», «Дыхание города», «Яды из водопроводного крана». Жители города выделили проблемы замусоренности, загазованности и качества водопроводной воды в категорию самых острых на тот период времени экологических проблем Выборга. Впоследствии каждой из этих проблем были посвящены отдельные исследования с применением физико-химических и биоиндикационных методик.

Очень важные моменты работы - обоснование выбора аудитории (мнение каких слоев населения и по какой причине нам бы хотелось узнать) и расчет выборочной совокупности. С выбором аудитории связаны место и время проведения опроса. Скажем, в опросе о пользе или вреде бытовой химии, нам необходимо было знать мнение домохозяйек по этой проблеме. И потому этот опрос учащиеся проводили в отделе бытовой химии гипермаркета. Другой пример: когда юные исследователи работали над проектом живого уголка в гимназии, их интересовало мнение учеников, их родителей и педагогов. В этом случае анкетирование проходило в стенах гимназии. Сложнее обстоит дело с опросами, которые адресованы не какой-то конкретной группе, а населению вообще. Сложность состоит не в расчете выборочной совокупности, а в технике проведения анкетирования. Дело в том, что подобного рода опросы проводятся профессиональными интервьюерами по квартирам. Но учащиеся, которые задействованы в опросе, по большей части несовершеннолетние. Следовательно, опрашивать людей по квартирам они не могут. Поэтому все опросы, цель которых изучить общественное мнение горожан, проводятся учащимися среди прохожих на улице под контролем руководителя.



Другой опросный метод сбора информации, которым активно пользуются учащиеся, интервью. Оно предполагает устное вербальное взаимодействие интервьюера с респондентом. Различают стандартизированное и свободное интервью. Стандартизированное интервью — это тот же анкетный опрос, проведенный в устной форме. Не все респонденты самостоятельно заполняют анкеты, некоторые предпочитают, чтоб им зачитывали вопросы. Довольно часто учащимся приходится проводить анкетный опрос именно в такой форме. Свободное интервью в экологических исследованиях и проектах применяется в начале, когда нужно познакомиться с ситуацией.

Обычно после изучения литературы по теме, учащиеся встречаются со специалистами в этой области. Интервью лучше проводить на рабочем месте специалиста по составленному заранее примерному перечню вопросов. Так, на начальном этапе исследования качества питьевой воды, юные экологи гимназии посетили водоочистные сооружения Выборга, посмотрели на месте как происходит процесс водоочистки и взяли интервью у специалистов. Когда исследуемая проблема рассматривается с разных точек зрения, возникает необходимость узнать мнение специалистов разных сфер деятельности. Например, в исследовании проблемы бездомных животных изучались юридический, эколого-эпизоотологический и нравственный аспекты взаимоотношений человека и бродячих животных. Исходя из этого, были проведены интервью со специалистами отдела охраны окружающей среды, ветеринарной службы, ЖКХ, врачами травматологами, работниками приюта для собак.

Интерпретация полученных данных – это, по мнению учащихся, самый сложный, но и самый интересный процесс. Это не простое превращение социологических данных в числовые величины (проценты, среднее арифметическое и т.д.). “Социологические данные превращаются в показатель только в том случае, если исследователь “вносит” в них содержательный смысл, то есть соотносит их с изучаемой проблемой” [2]. На этом этапе работы учащиеся овладевают методами математической статистики, развивают способности к анализу и обобщению широкой и весьма разнообразной эмпирической информации.

За проведенным социологическим опросом стоит большая исследовательская работа учащихся. Использование социологических опросных методов в рамках экологических исследований и проектов позволяет раскрывать и развивать исследовательские способности личности, коммуникативные качества, самостоятельность, умения работать с различными источниками информации, главным из которых является человек.

### **Литература:**

1. Введение в социальную экологию: Учеб. пособие. ч. 1,2. М., 1993.
2. Санжаревский И.И. История, методология и техника исследования проблем общества и личности в социологии. - Изд. 4-е, испр. и доп. Тамбов, 2012.- 432 с.



## Образовательный Центр "Лучшее Решение"

(ООО "Лучшее Решение" - издатель журнала "Научное Образование")

ОЦ "Лучшее Решение" ведёт несколько направлений деятельности, в том числе:

### 1. Публикует материалы научной, педагогической и творческой направленности:

[www.na-obr.ru](http://www.na-obr.ru) – Периодический журнал "Научное Образование". Публикация научных статей. Журнал выходит 4 раза в год. Статья считается опубликованной в журнале с момента размещения на сайте. Индексация статей в РИНЦ.

[www.t-obr.ru](http://www.t-obr.ru) – Периодический журнал "Технологии Образования". Публикация педагогических статей. Журнал выходит 4 раза в год. Статья считается опубликованной в журнале с момента размещения на сайте. Индексация статей в РИНЦ.

[www.publ-online.ru](http://www.publ-online.ru) - Онлайн-публикация научных, педагогических и творческих материалов своими руками, в т.ч. в сборниках с № ISBN.

[www.лучшийпедагог.рф](http://www.лучшийпедагог.рф) – Онлайн-публикация педагогических материалов своими руками, в т.ч. в сборниках с № ISBN.

[www.лучшеерешение.рф](http://www.лучшеерешение.рф) - Публикации педагогических материалов, в т.ч. в сборниках с № ISBN. Оформление статей отдельными файлами.

### 2. Издательство "Лучшее Решение" выпускает серии сборников олимпиадных заданий и другую учебную литературу. Более подробно см.: [www.лучшеерешение.рф/book](http://www.лучшеерешение.рф/book)

### 3. Образовательный Центр "Лучшее Решение" проводит дистанционные предметные олимпиады, творческие конкурсы и образовательные квесты для учащихся и для педагогов на сайтах:

[www.лучшеерешение.рф](http://www.лучшеерешение.рф) - Более 340 олимпиад, конкурсов и тестов, конкурсы рисунков и фото, конкурсы для студентов, для взрослых и педагогов.

[www.lureshenie.ru](http://www.lureshenie.ru) – Более 270 олимпиад, конкурсов и тестов ОНЛАЙН для учащихся и педагогов.

[www.высшийуровень.рф](http://www.высшийуровень.рф) – Образовательные квесты и тесты для всех возрастов, тесты для педагогов.