

3. П о с п е л о в, Г. Е. Элементы технико-экономических расчетов систем электропередач / Г. Е. Поспелов. – Минск: Вышэйш. шк., 1967.

4. Р о м а н ю к, Ю. Ф. К вопросу о комплексном регулировании схемных и режимных параметров протяженных компенсированных электропередач / Ю. Ф. Романюк // Известия АН СССР. Энергетика и транспорт. – 1975. – № 5.

5. Е р ш е в и ч, В. В. Характеристики нормальных режимов электрических сетей напряжением 35–750 кВ / В. В. Ершевич, Г. Е. Поспелов, Л. Ф. Кривушкин // Электроэнергетика. – Минск: Вышэйш. шк., 1974. – Вып. 4.

6. К р и в у ш к и н, Л. Ф. Исследование установившихся режимов работы и условий регулирования напряжения в сетях 330–750 кВ: автореф. дис. ... канд. техн. наук / Л. Ф. Кривушкин. – Минск, 1976.

7. Л е в и т о в, В. И. Методика расчетной оценки условия потерь мощности и энергии на корону на проводах ЛЭП сверхвысокого напряжения / В. И. Левитов, В. И. Попков // Известия АН СССР. Энергетика и транспорт. – 1968. – № 1.

8. Л е в и т о в, В. И. Корона переменного тока / В. И. Левитов. – М.: Энергия, 1975.

Представлена кафедрой
электрических систем

Поступила 15.04.2005

УДК 681.511.4

МЕТОДИКА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ УСТРОЙСТВ ФАЗОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ

Кандидаты техн. наук ДЕРЮШЕВ А. А., СВИТО И. Л., ШМАКОВ М. С.

Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Применение принципов импульсно-фазового управления в устройствах вторичного электропитания, регуляторах скорости вращения электродвигателей, системах телеметрии позволяет достичь более высоких технических характеристик, чем при другой функциональной организации устройств. Однако при проектировании импульсных устройств фазовой синхронизации (ИУФС) приходится учитывать тот факт, что зависимости динамических и качественных выходных характеристик устройства от его параметров имеют взаимнообратный вид. Традиционным для выполнения всех требований технического задания является введение дополнительных петель фазовой синхронизации [1], что усложняет схемотехническую реализацию ИУФС, увеличивает его стоимость, энергопотребление, габариты.

Перспективным путем улучшения динамических и спектральных характеристик при незначительном схемотехническом усложнении устройства является использование в ИУФС переключаемых структуры и параметров [2, 3]. Однако к настоящему моменту отсутствуют методы проектирования данных устройств, которые в полной мере учитывали бы дискретные свойства, интегральную импульсную модуляцию, нелинейности отдельных блоков [4, 5]. Это приводит к значительному ухудшению точности полу-

Авторами предлагается методика проектирования ИУФС с переключаемыми структурой и параметрами (ИУФСП), позволяющая проводить разработку устройств с различными алгоритмами переключения с учетом требований к синхронизму, устойчивости, быстродействию и спектральным характеристикам с точностью, достаточной для применения в инженерной практике.

Классификация алгоритмов переключения. Методика проектирования ИУФСП имеет особенности, зависящие от применяемого алгоритма переключения структуры и параметров.

В зависимости от времени, в течение которого в ИУФС происходит переключение структуры и параметров, алгоритмы переключения будем подразделять на алгоритмы, согласно которым переключение структуры и параметров происходит:

- только во время протекания переходных процессов – I группа;
- как во время протекания переходных процессов, так и в установившемся режиме – II группа.

При использовании алгоритмов II группы при расчете качественных показателей ИУФС в установившемся режиме необходимо учитывать действие коммутационной помехи, возникающей в результате переключения структуры и параметров, в то время как алгоритмы I группы лишены этого недостатка, так как на этапе протекания переходного процесса качественные характеристики выходного сигнала ИУФС не нормируются. Алгоритмы I группы позволяют преодолеть противоречие между требованиями, предъявляемыми к спектральным характеристикам, и требованиями, предъявляемыми к быстродействию, путем разделения их между различными структурами либо наборами параметров. В связи с этим алгоритмы I группы получили более широкое распространение на практике.

В зависимости от вида изменений будем различать алгоритмы:

- переключения параметров, с помощью которых изменяют параметры отдельных блоков ИУФС, однако вид передаточной функции устройства при этом не изменяется, а изменяются только значения ее коэффициентов;
- изменения структуры, при использовании которых происходит изменение вида передаточной функции ИУФС.

В зависимости от способа реализации будем различать автономные и неавтономные алгоритмы переключения структуры и параметров ИУФС. Автономными назовем алгоритмы, реализуемые непосредственно импульсным устройством фазовой синхронизации, неавтономными – алгоритмы, требующие вмешательства других блоков системы, в которую входит ИУФС, либо введения в состав устройства блоков, предназначенных только для реализации алгоритма переключения (их быстродействие значительно превышает быстродействие остальных блоков ИУФС). С точки зрения простоты схемотехнической реализации, предпочтительнее использовать автономные алгоритмы переключения.

Методика проектирования. Рассмотрим устройство с двумя переключаемыми структурами. Условимся, что при использовании алгоритма переключения I группы в установившемся режиме работы ИУФСП активна первая структура, а в переходном режиме происходят переключения на вторую структуру.

первая структура, а в переходном режиме происходят переключения на вторую структуру.

Методику проектирования ИУФСП с алгоритмами переключения I группы представим в виде структурной схемы (рис. 1а). На рис. 1б приведена структура параметрического синтеза ИУФСП с алгоритмами переключения II группы.

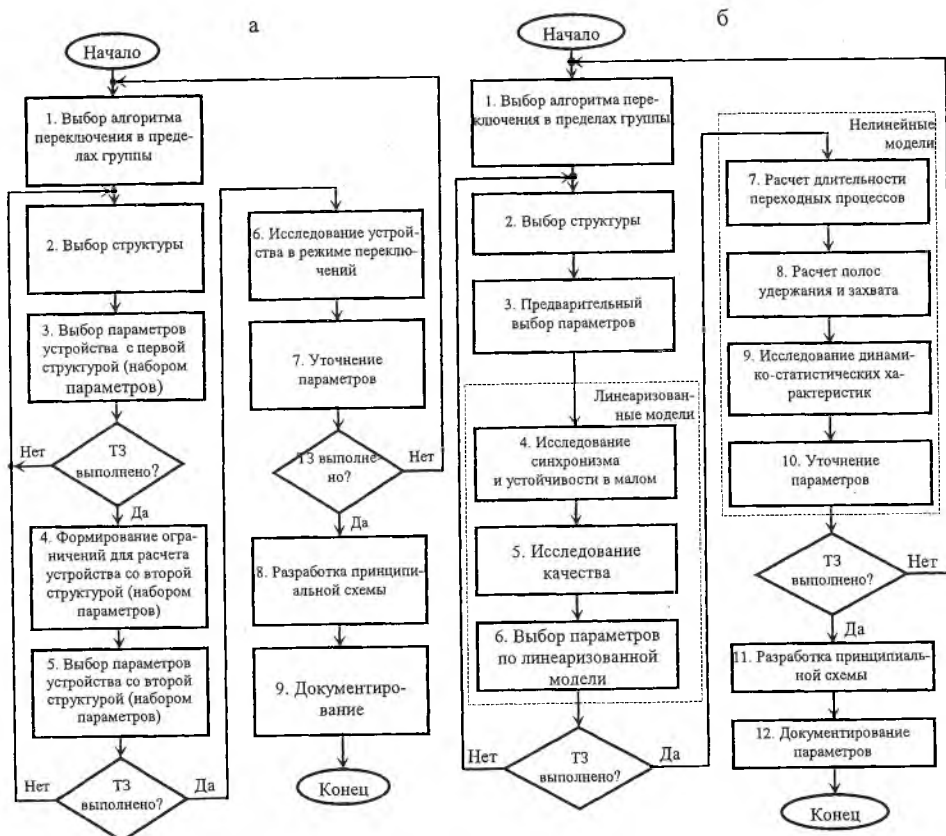


Рис. 1. Методика проектирования ИУФСП: а – с алгоритмами переключения I группы; б – II группы

Проектирование ИУФСП с алгоритмами переключения I группы осуществляется в четыре этапа. На первом этапе производится выбор параметров устройства с I структурой либо набором параметров (блок 3); при успешном окончании этого этапа происходит формирование ограничений на параметры устройства со II структурой либо набором параметров, что необходимо для обеспечения желаемого поведения устройства в режиме переключений. На втором этапе с учетом этих ограничений выбираются параметры устройства со II активной структурой (блок 5). На третьем этапе (блоки 6, 7) делается целостный анализ устройства и уточняются параметры. После успешного завершения третьего этапа происходит переход к четвертому, на котором осуществляются переход от структурной к принципиальной схеме устройства и документирование параметров.

Рассмотрим более подробно структуру первого (рис. 2а) и второго (рис. 2б) этапов. Видно, что на этих этапах используются как ли-

неаризованные, так и нелинейные модели. Это связано с тем, что при начальном выборе параметров диапазон их предполагаемых значений оказывается достаточно широким, для его сужения необходим большой объем вычислительной работы. Линеаризованные модели позволяют провести предварительный выбор параметров при более экономном использовании машинного времени, чем нелинейные модели. Однако линеаризованные модели не обеспечивают высокой точности расчетов, поэтому в дальнейшем происходит уточнение параметров проектируемого устройства по нелинейным моделям. На первом этапе проектирования основной задачей является обеспечение выполнения требований технического задания по качественным характеристикам выходного сигнала в установившемся режиме; на втором – выполнение требований технического задания по быстродействию.

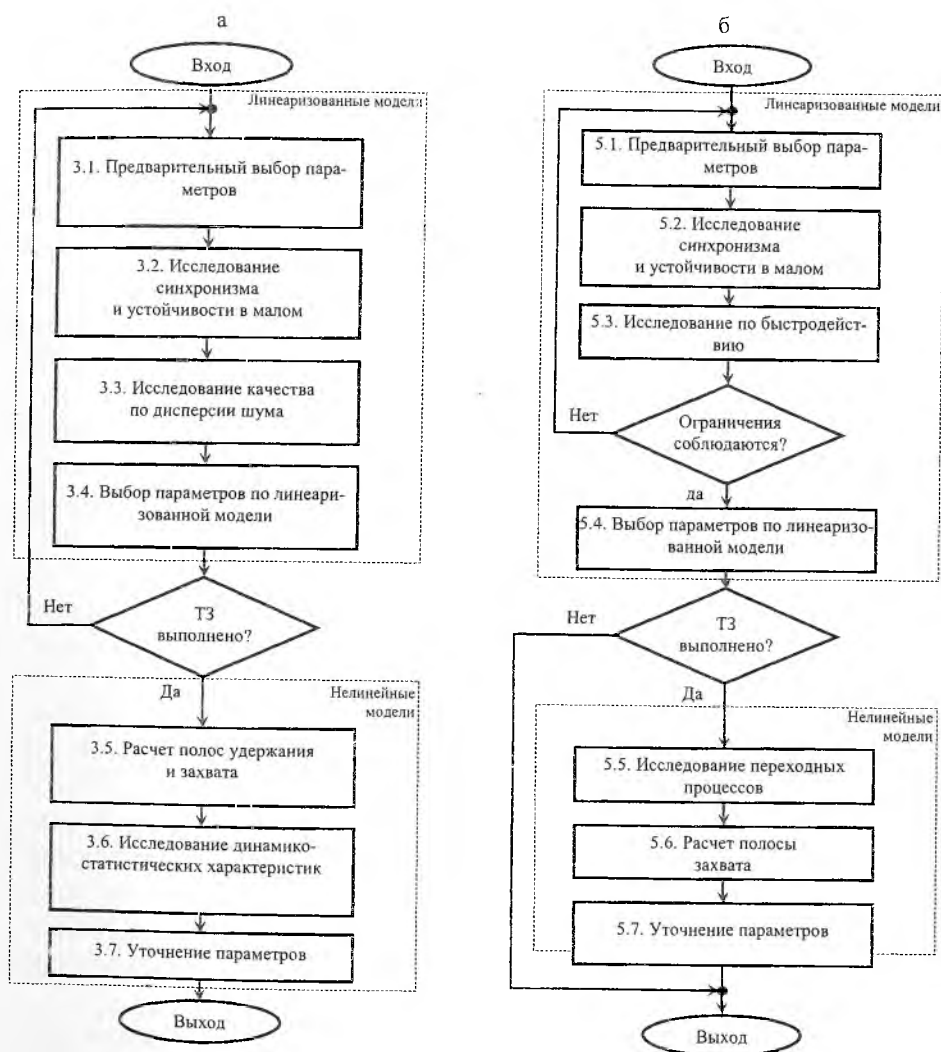


Рис. 2. Структура отдельных этапов проектирования:
а – первого; б – второго

Третий этап служит для проверки правильности функционирования устройства в различных режимах при выбранном алгоритме переключения

и значениях параметров, найденных на предыдущих этапах. Ввиду высоких требований, предъявляемых к точности моделирования, на этом этапе используются только точные нелинейные модели.

В результате выполнения четвертого этапа параметрического синтеза необходимо по известной структуре и параметрам устройства получить его принципиальную схему.

Алгоритмы переключения II группы не позволяют провести разделение требований, предъявляемых к спектральным характеристикам ИУФСП и быстродействию, между различными структурами либо наборами параметров. Параметрический синтез ИУФСП с данными алгоритмами переключения выполняется в три этапа. На первом этапе синтеза производится предварительный выбор параметров всех структур, входящих в ИУФСП, по линеаризованным моделям. При этом проверяется выполнение условий устойчивости и обеспечения требуемых качественных характеристик выходного сигнала. На втором этапе производится коррекция значений, найденных на первом этапе, по нелинейным моделям, при этом проверяется выполнение требований технического задания к быстродействию. На третьем этапе параметрического синтеза осуществляются переход от структурной к принципиальной схеме устройства и документирование параметров.

К алгоритмам II группы можно также отнести комбинированные алгоритмы переключения, согласно которым используются как минимум два простых алгоритма переключения, один из которых относится к I группе и участвует в изменении структуры только во время протекания переходного процесса, в то время как второй алгоритм относится ко II группе и в общем случае может использоваться для изменения структуры как в переходном, так и в установившемся режимах. Для синтеза устройств с таким комбинированным алгоритмом переключения необходимо использовать методику рис. 1а, при этом блоки 3 и 5 следует реализовать согласно структурной схеме рис. 1б.

При переходе от структурной к принципиальной схеме ИУФСП следует учитывать тот факт, что в настоящее время многие функциональные блоки устройства, такие как импульсно-фазовые детекторы, управляемые генераторы, реализованы в виде интегральных схем (ИС). В большинстве случаев разработчик может не проектировать данные блоки с использованием дискретных элементов, а остановить свой выбор на ИС с требуемыми параметрами. Такой подход значительно упрощает реализацию ИУФС при достижении высоких технических характеристик, однако затрудняет реализацию алгоритма переключения в данных блоках, поэтому для реализации переключения наиболее широко используются ФКЗ с переключаемыми структурой и параметрами (ФКЗП), проектирование которых может осуществляться по известной методике [6].

Апробация методики. С помощью описанного метода параметрического синтеза ИУФСП разработан блок управления и синхронизации СУ2210 квазинепрерывного лазера LF2210. На рис. 3 приведена функциональная схема устройства фазовой синхронизации, на которой обозначены: РУ – регулятор уровня; ДПКД – делитель с постоянным коэффициентом деления; ДФКД – делитель с переменным коэффициентом деле-

ния; ИЧФД – импульсный частотно-фазовый детектор; ГН – генератор накачки; КЭ – ключевой элемент; ГУН – генератор, управляемый напряжением.

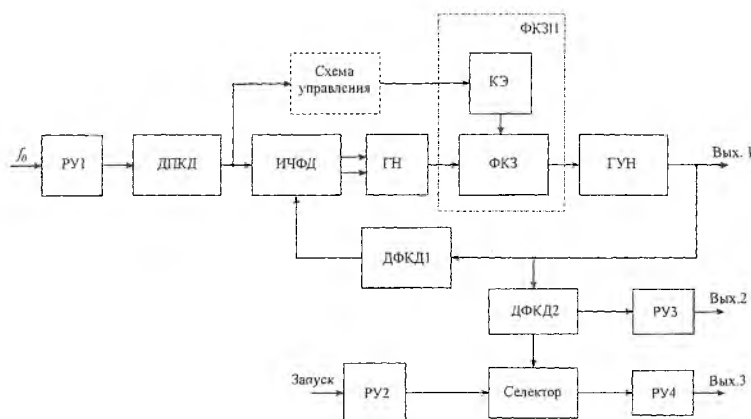


Рис. 3. Функциональная схема устройства фазовой синхронизации

Схема управления на рис. 3 показана пунктиром, так как она представляет собой не отдельный блок, входящий в устройство фазовой синхронизации, а управляющую часть всего блока CU2210.

На рис. 4а для разработанного устройства приведены соответственно график зависимости выходной частоты от времени в переходном режиме, построенный с помощью математического моделирования, а также результаты практических измерений (на рис. 4б масштабы составляют 0,1 мс/дел, 10 МГц/дел).

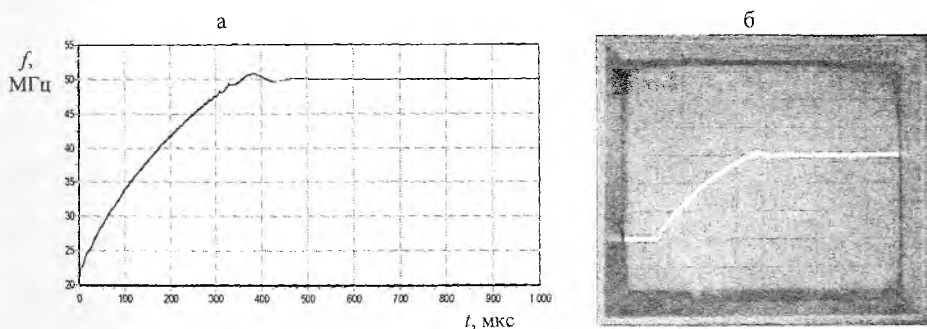


Рис. 4. Зависимость выходной частоты в переходном режиме:
а – результат моделирования; б – результат измерений

Из сравнения приведенных зависимостей видно, что поведение устройства полностью соответствует ожидаемому.

Для оценки эффективности предложенной методики был также проведен сравнительный анализ разработанного устройства с устройством без переключения, имеющим такие же спектральные характеристики выходного сигнала и спроектированным по традиционной методике [7]. Сравнение результатов показало, что введение в ИУФС переключения параметров позволило уменьшить длительность переходного процесса в более чем пять раз при незначительном схемотехническом усложнении устройства.

ВЫВОДЫ

1. Проведена классификация алгоритмов переключения структуры и параметров импульсных устройств фазовой синхронизации.
2. Разработана методика параметрического синтеза импульсных устройств фазовой синхронизации переключаемыми структурой и параметрами, учитывающая требования к синхронизму, устойчивости, быстродействию и спектральным характеристикам устройства, а также особенности различных алгоритмов переключения.
3. Для автоматизации процесса проектирования по описанной методике разработан пакет прикладных программ.
4. Эффективность предложенной методики подтверждена результатами проектирования реального устройства.

ЛИТЕРАТУРА

1. Синтезатор частот: пат. 2014733 C1 RU, МКИ H 03 L 7/22. / В. И. Закиров, И. В. Закиров. – № 5003474/09; заявл. 25.09.91; опубл. 15.06.94, Бюл. № 11 // Изобретения. – 1994. – № 11. – С. 159.
2. Теория систем с переменной структурой / Под ред. С. В. Емельянова. – М.: Наука, 1970. – 592 с.
3. Бухалев, В. А. Распознавание, оценивание и управление в системах со случайной скачкообразной структурой / В. А. Бухалев. – М.: Наука, 1996. – 288 с.
4. Xie, G. Controllability and stabilizability of switched linear-systems / G. Xie, L. Wang // Systems & Control Letters. – 2003. – № 48. – P. 135–155.
5. Xu X. Analysis and design of switched systems: ph. D. dissertation / X. Xu. – Notre Dame, 2001. – 248 p.
6. Шилин, Л. Ю. Синтез фильтрующе-корректирующих звеньев с изменяемой передаточной функцией для импульсных устройств фазовой синхронизации / Л. Ю. Шилин, А. А. Дерюшев // Энергетика... (Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ). – 2002. – № 4. – С. 34–38.
7. Banerjee, D. PLL Performanse, simulation and design: электронный ресурс / D. Banerjee // National Semiconductor, 1998. – Режим доступа: <http://www.national.com>.

Представлена кафедрой ТОЭ

Поступила 30.05.2005

УДК 621.316

ВЕРОЯТНОСТНО-СТАТИСТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЛ 6–10 кВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Канд. техн. наук, доц. **КУЦЕНКО Г.Ф.**, асп. ПУХАЛЬСКАЯ О. Ю.

УО «Гомельский государственный технический университет им. П. О. Сухого»

В настоящее время существенно возрастают требования к надежности электроснабжения потребителей агропромышленного комплекса. Для исследования надежности сельских ВЛ 6–10 кВ необходимо знать их основные параметры, для определения которых было исследовано 150 ВЛ 10 кВ.