

делении внутрисистемного приоритета, однако эта задача требует дальнейших исследований.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Панич А.Е. Центр коллективного пользования научным оборудованием «Высокие технологии» Южного корпоративного университета: монография / А.Е. Панич, В.П. Свечкарёв, Д.П. Олишевский [и др.]; под общ. ред. проф. А.Е. Панича; Ростов. гос.ун-т., Юж.-Рос. гос. техн. ун-т., Таганрог. гос. радиотехн. ун-т. – Новочеркасск: УПЦ «Набла» ЮРГТУ (НПИ), 2006. – 112 с. – Библиогр.: с. 79–88.
2. Олишевский Д.П. Моделирование управления производством наукоемких услуг центра коллективного пользования / Финансы, денежное обращение и кредит. Организация финансовых систем: Материалы II Междунар. науч.-практ. конф., г.Новочеркасск, 1 июня 2007 г. // Юж.-Рос. гос. техн. университет (НПИ). – Новочеркасск: ЮРГТУ, 2007. – С. 39-46.

Олишевский Даниил Петрович
Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южный федеральный университет»
E-mail: olishevsky@mail.ru
344090, Ростов-на-Дону, ул. Мельчакова, 10
Тел.: +7(8632)696991

Olishevskiy Daniil Petrovich
Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education
«Southern Federal University»
E-mail: olishevsky@mail.ru
10, Melchikova street, Rostov-on-Don, 344090
Phone: +7(8632)696991

УДК 621.396

Ю.А. Гелозе, П.П. Клименко, А.В.Максимов

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ФАЗОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ

*Настоящая работа посвящена проблеме синтеза системы ФАПЧ, функционирующей в трудно прогнозируемых условиях.
Синтез; прогнозируемые условия.*

Y. A. Ghelozhe, P. P. Klimenko, A.V. Maksimov

ORGANIZATION OF CORRELATED FUNCTIONING OF PHASE-LOCKED SYSTEM ELEMENTS

*The present work is devoted to the problem of the synthesis of phase-locked system assigned to work under hard to forecast conditions.
Synthesis; forecast conditions.*

В данной статье рассматривается принцип управления в варианте релейного управления процессами в системе фазовой синхронизации. В случае проявления признаков кризисного развития процессов в системе вводится дополнительное управляющее воздействие, равное максимальному управляющему напряжению

импульсного фазового дискриминатора. Знак этого управляющего воздействия автоматически выбирается таким, чтобы в соответствии с принципом управления, обеспечить изменение знака мгновенной расстройки по частоте.

Для положительного значения крутизны модуляционной характеристики управляемого автогенератора контура ФАПЧ математическое выражение закона дополнительного управления можно записать в виде

$$U\left(\varphi(t), \frac{d\varphi(t)}{dt}\right)_{t=\tau} = U_{\phi_{\text{ом}}} 1[t-\tau] \text{sign}\left[\frac{d\varphi}{dt}\right]_{t=\tau},$$

где τ – момент времени начала действия дополнительного управления, определяемый из следующего уравнения: $\varphi(\tau) = \pm\pi$;

$U_{\phi_{\text{ом}}}$ – максимальное управляющее напряжение ИФД;

$1[\dots]$ – единичная функция.

Например, когда знак мгновенной расстройки по частоте $\frac{d\varphi}{dt}$ положительный, т.е. мгновенное значение частоты опорного автогенератора выше частоты управляемого автогенератора, то вводится максимальное по величине управляющее воздействие $U_{\phi_{\text{ом}}}$ положительного знака, что будет увеличивать частоту управляемого автогенератора, приближая ее к частоте опорного сигнала.

Выключение дополнительного управления в момент времени T :

$U\left(\varphi(t), \frac{d\varphi(t)}{dt}\right)_{t=T} = 0$ производится, согласно принципу управления, после изменения знака мгновенной расстройки по частоте, т.е. когда

$$\text{sign}\left[\frac{d\varphi(t)}{dt}\right]_{t=T} = -\text{sign}\left[\frac{d\varphi(t)}{dt}\right]_{t=\tau}$$

и разность фаз в системе будет

$$\varphi(T) = \pm\pi \pm 2\pi k,$$

где $k = \text{integer}\left\{\frac{|\varphi_H|}{2\pi}\right\}$; φ_H – набег фаз в системе за время действия дополни-

тельного управления; $\text{integer}\{\dots\}$ – целая часть отношения $\frac{|\varphi_H|}{2\pi}$.

Обобщенная структурная схема таких фазовых автоматических систем приведена на рис.1.

На рис. 1, кроме основных элементов контура ФАПЧ: УГ – ДПКД – управляемого автогенератора – делителя частоты с переменным коэффициентом деления; ИФД – импульсно-фазового дискриминатора; ФНЧ; ДЧ – ОГ – делителя частоты – эталонного автогенератора, показаны дополнительные элементы, обеспечивающие реализацию принципа управления: АКР – анализатор критических режимов и ДУУ – дополнительное устройство управления. В АКР на основе анализа процессов в системе определяются признаки кризисного развития переходных процессов и выхода из критического режима. Выходные сигналы этого анализатора воздействуют на ДУУ, которое когерентно с процессами в контуре ФАПЧ вводит дополнительное управляющее воздействие, обеспечивающее выведение системы из критического режима работы.

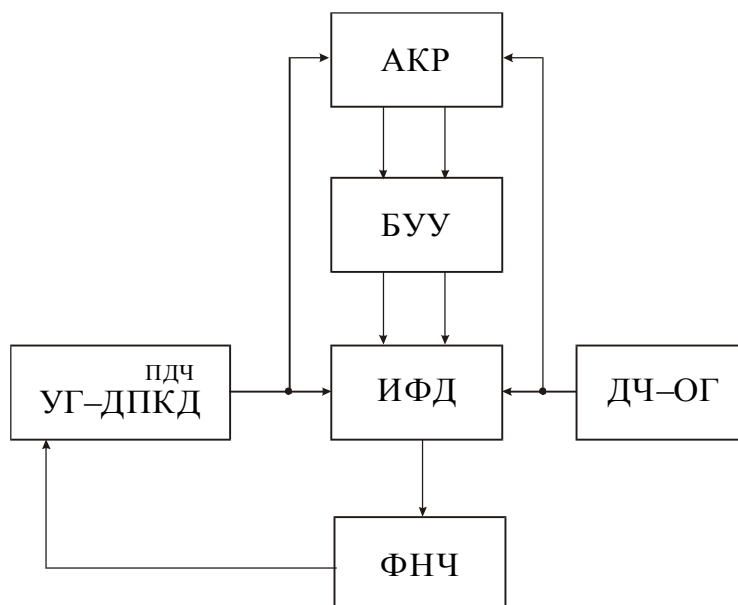


Рис. 1. Обобщенная структурная схема таких фазовых автоматических систем

Фазовый портрет процессов в системах в случае воздействия больших кратковременных возмущений имеет вид, приведенный на рис.2, где сплошными линиями показаны фазовые траектории, реализуемые в автономном режиме ФАПЧ, а пунктирными – при реализации принципа управления.

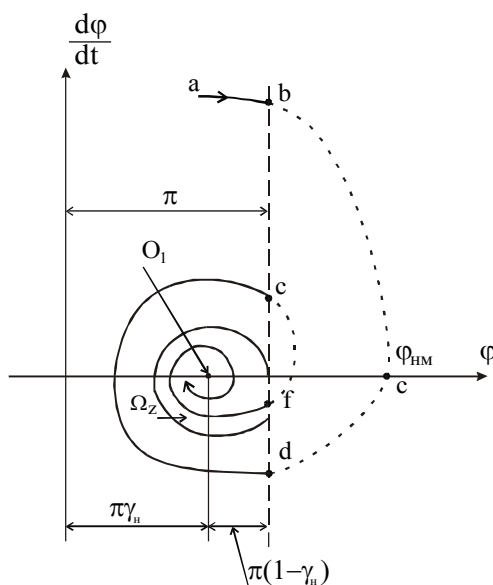


Рис. 2. Фазовый портрет процессов в системах в случае воздействия больших кратковременных возмущений

Из этого рисунка видно, что при движении изображающей точки из удаленных областей фазового пространства может потребоваться многократное управление в соответствии с принципом управления (на рисунке показано двукратное управление). Кроме того, возможны большие отклонения разности фаз φ_H от абсциссы точки разрыва характеристики ИФД, равной π , что приводит к увеличению кинетической энергии в точке d . Это будет приводить к затягиванию времени пребывания системы в критическом режиме, поскольку для достижения равновесного состояния необходимо рассеять всю энергию, внесенную в систему большим кратковременным возмущением.

На основании проведенного исследования можно сделать вывод, что недостаточно (в случае больших кратковременных возмущений) организации взаимодействия элементов только контура ФАПЧ, даже если она столь совершенна, что взаимодействие элементов, известных и вновь введенных, приобретает характер взаимодействия.

Рассмотрим систему ФАПЧ, в которой взаимодействие элементов осуществляется не только в контуре, но и в цепи формирования опорного сигнала.

При этом может быть осуществлено большее рассеивание энергии (запасенной в результате воздействия большого кратковременного возмущения) в процессе реализации принципа управления, что при прочих равных условиях обеспечит достижение главной цели – уменьшения затрат времени на восстановление заданного состояния системы.

Эффективным средством достижения этой цели в ФАПЧ, представляющей собой грубую динамическую систему, является не изменение ее параметров, приводящее лишь к «смещению» фазовых траекторий, а введение некоторых дополнительных управляющих действий, выполняемых одновременно с управлением, изменяющим знак производной выходной переменной системы.

Основная идея решения этой задачи состоит в том, чтобы в процессе реализации принципа управления производить еще некоторое управление, которое бы обеспечивало совпадение знака мгновенной расстройки по частоте

$$\text{sign}\left[\frac{d\varphi}{dt}\right] = \text{sign}[\Omega_{oz}(t) - \Omega_{ye}(t)],$$

где $\Omega_{ye}(t)$ – текущие значения частот опорного и управляемого автогенераторов, приведенных ко входам ИФД, и знака приращения разности фаз

$$\text{sign}[\Delta\varphi] = \text{sign}[\varphi(t) - \pi].$$

Если такие управляющие действия осуществить, то фазовая траектория реализации принципа управления может иметь, например, вид, показанный на рис.3.

Из рис.3 видно, что изображающая точка вводится в область Ω_z при малых значениях $\frac{d\varphi}{dt}$, т.е. при этом обеспечивается малая кинетическая энергия в момент времени возвращения системы в линейный режим работы. Это способствует уменьшению времени рассеивания остаточной энергии в основном режиме работы системы. Кроме того, за счет исключения отрезка $c-d$ фазовой траектории (см. рис.2) уменьшится время пребывания системы в критическом режиме.

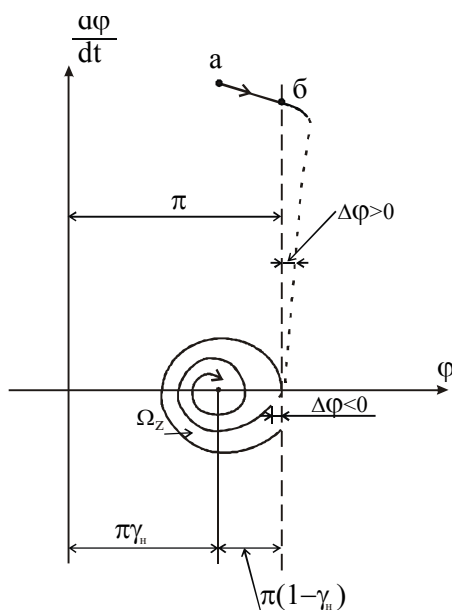
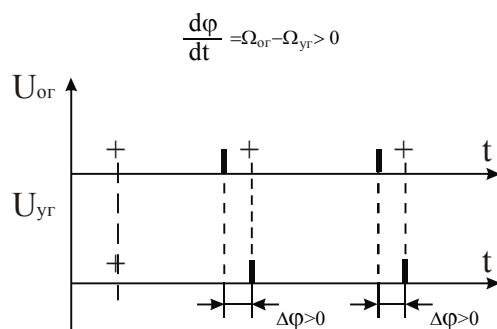


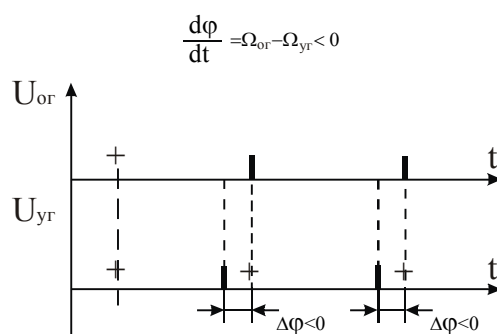
Рис. 3 Фазовый портрет в системе в случае, когда в результате управления процессами обеспечивается согласование знаков мгновенной расстройки по частоте и приращения разности фаз

Технически задача согласования знаков мгновенной расстройки по частоте $\text{sign}\left[\frac{d\varphi}{dt}\right]$ и приращения разности фаз $\text{sign}[\Delta\varphi]$ может быть решена на основе свойства цифровых делителей частоты - возвращаться практически мгновенно в исходное состояние при действии на вход «сброс» электронного счетчика короткого импульса. На рис.4, а, б приведена иллюстрация формирования разности фаз при осуществлении операции сброса («управляющего действия») в исходное состояние одного из делителей частоты выходным сигналом другого делителя. При этом сброс осуществляется выходным импульсом того делителя частоты, выходной сигнал которого имеет меньшую частоту. Знаком «+» отмечены моменты времени осуществления сброса. Рис.4, а иллюстрирует процессы при $\frac{d\varphi}{dt} > 0$, а рис. 4, б – при $\frac{d\varphi}{dt} < 0$.

Из рис.4, а, б видно, что при выполнении дополнительных управляющих действий для $\Omega_{oc} \neq \Omega_{ye}$, где $\Omega_{oc} - \text{const}$ и $\Omega_{ye} - \text{const}$, не возникает набег фаз, свойственный обычным ФАПЧ [1]. Кроме того, знак приращения разности фаз совпадает со знаком мгновенной расстройки по частоте и величина приращения разности фаз пропорциональна этой расстройке по частоте.



а



б

Рис. 4. Формирование разности фаз при осуществлении операции сброса («управляющего действия») в исходное состояние одного из делителей частоты выходным сигналом другого делителя

Поэтому фазовая траектория на рис.3 в процессе реализации принципа управления приближается к абсциссе, равной π , по мере уменьшения мгновенной расстройки по частоте $\frac{d\varphi}{dt}$.

Здесь можно отметить, что процесс, отображаемый фазовым портретом (см. рис.3), можно представить в виде подвижной области Ω_z , перемещающейся синхронно и синфазно с процессами в системе в точку «с» на фазовом портрете, приведенном на рис.2. Поэтому выше отмечалось, что в результате выполнения управляемых операций сброса исключается только отрезок с–d фазовой траектории.

На основании изложенного можно сделать вывод, что фазовый портрет (см. рис.3) наблюдаемых процессов в системе ФАПЧ с цифровыми делителями частоты в обратной связи и в цепи формирования опорного сигнала реализуем.

Это также доказывает, что возможно создание систем, взаимодействие всех элементов которых в критических режимах приобретает характер взаимодействия на получение следующего результата: уменьшается время пребывания системы в критическом режиме работы (исключается отрезок с–d фазовой траектории) и уменьшается время возвращения в состояние покоя, так как кинетическая энергия при возвращении системы в линейный режим работы приблизительно равна нулю.

Все упомянутые управления реализованы в цифровом синтезаторе частоты, структурная схема которого приведена на рис.5.

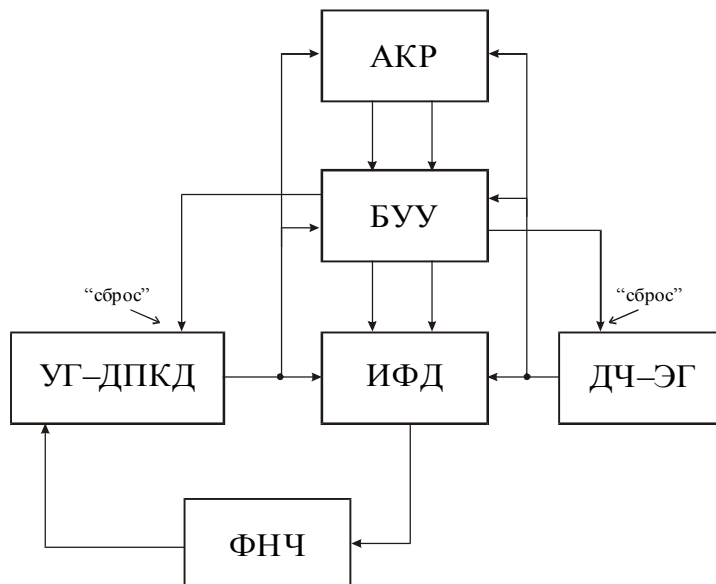


Рис. 5. Цифровой синтезатор частоты

На этом рисунке, кроме базовых узлов ФАПЧ: УГ – ДПКД – управляемого автогенератора – делителя частоты с переменным коэффициентом деления; ИФД, ФНЧ и ДЧ–ЭГ–делителя частоты – эталонного автогенератора, показан анализатор критических режимов (АКР) и дополнительное устройство управления (ДУУ).

В отличие от структурной схемы ФАПЧ, приведенной на рис.3, в схеме на рис.5 дополнительное устройство управления (ДУУ) обеспечивает в критическом режиме не только формирование воздействия, изменяющего знак мгновенной расстройки по частоте, но и выполнение операций управляемого сброса делителей частоты. В связи с тем, что в момент времени сброса делителя частоты сигналы одного и другого делителя частоты синфазизируются и операции сброса начинают выполняться при сдвиге фаз, равном π , фазовый портрет процессов в синтезаторе частоты будет иметь вид, показанный на рис.6.

Экспериментальные исследования ЦСЧ показали, что он надежно функционирует при любых начальных расстройках, в том числе и близких к полосе удержания. Особенно высока его эффективность при использовании элементов в цепи настройки частоты, в динамическом отношении представляемых соединениями интегратора и других инерционных апериодических звеньев, в частности, при использовании ИФД с третьим состоянием. Как отмечалось выше, связано это с тем, что при реализации принципа управления в таких системах путем релейного введения только одного управляющего воздействия, изменяющего знак мгновенной расстройки по частоте, кинетическая энергия в системе не рассеивается.

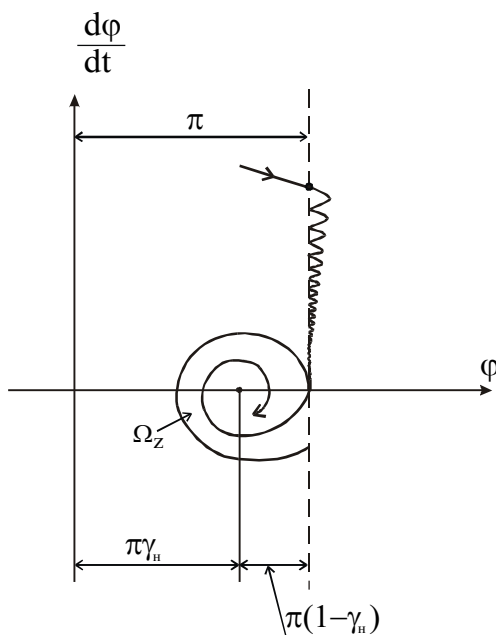


Рис. 6. Фазовый портрет процессов в синтезаторе частоты

На основании проведенных исследований можно сделать вывод, что для обеспечения надежной работы ФАПЧ в условиях непредвиденно больших дестабилизирующих факторов и внезапных кратковременных больших возмущений, целесообразно в критических режимах управлять не только процессами в фазовом контуре, но и процессом формирования опорного сигнала.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шахгильдян В. В., Ляховский А.А. Система фазовой автоподстройки частоты. – М.: Связь. 1972. – 447 с.

Максимов Александр Викторович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге

E-mail: kafmps@ttpark.ru.

347900, г. Таганрог, ул. Петровская, 81

Тел. +7(8634)328052

Геложе Юрий Андреевич

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге

E-mail: rts@tsure.ru

Клименко Павел Петрович, Технологический институт Южного федерального университета в г. Таганроге, доцент кафедры РТС.

Maksimov Aleksandr Viktorovich

Taganrog Institute of Technological – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education «Southern Federal University»

E-mail: kafmps@ttpark.ru

81, Petrovskaya street, Taganrog, 347900, Russia

Phone: +7(8634) 328052

Ghelozhe Yury Andreevich

Taganrog Institute of Technological – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education «Southern Federal University»

E-mail: rts@tsure.ru

Klimenko Pavel Petrovich

Taganrog Institute of Technological – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education «Southern Federal University»

E-mail: rts@tsure.ru

УДК 621.43-44.001.5

А.Р. Рашитов, В.В. Лозовский, С.В. Семергей

ОЦЕНКА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПО ХАРАКТЕРИСТИКАМ ТОКОПОТРЕБЛЕНИЯ

Предложен подход к определению технического состояния электроприводов по характеристикам его токопотребления. Показана схема определения технического состояния электроприводов.

Токопотребление; электропривод; неразрушающий контроль технического состояния.

A.R. Rashitov, V.V. Lozovskiy, S.V. Semergey

ESTIMATION OF THE TECHNICAL STATE OF THE ELECTRIC DRIVES ACCORDING TO THE CHARACTERISTICS OF ITS CURRENT CONSUMPTION

It has been proposed an approach to the definition of the technical state of the electric drivers by the characteristics of its current consumption. It has been shown a definition scheme for the technical state of the electric drivers.

Current consumption; electric drive; nondestructive control of the technical state.

Способ получения энергии, необходимой для выполнения механической работы в производственных процессах, на всех этапах истории человеческого общества оказывал на развитие производственных сил решающее влияние. Создание новых, более совершенных двигателей, переходы к новым видам привода рабочих машин является крупными историческими вехами на пути машинного производства. 20 век получил название века электричества в первую очередь потому, что основным источником механической энергии стал более совершенный электрический двигатель, а основным видом привода рабочих машин – электропривод (ЭП).

В процессе поддержания ЭП в работоспособном состоянии особое место занимает контроль его технического состояния, совершенствование которого ведёт к повышению эффективности и надёжности эксплуатации систем электроснабжения в целом. Наиболее актуальными на сегодняшний день являются методы неразрушающего контроля и диагностики.

Естественными носителями диагностической информации, позволяющими реализовать бесконтактный неразрушающий контроль и диагностику техническо-