

## О ДИАГРАММАХ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ

Гуль А.И., Кунченко Т.Ю., Колесникова В.Д., Литвиненко Д.Г.

Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»  
LitvinenkoD@kpi.kharkov.ua

Качество управления замкнутых по отклонению систем автоматического управления зависит от значений контурного коэффициента передачи и запаса устойчивости [1]. Настройкой параметров корректирующего устройства условно устойчивой системы на совместное увеличение этих свойств ведет к повышению основных показателей качества управления: перерегулирования, времени регулирования, числа колебаний, а также всех коэффициентов добротности [2] [3] [4]. Выбор параметров корректирующего устройства на совместное повышение контурного коэффициента передачи и запаса устойчивости системы удобно производить по так называемым диаграммам качества управления, с линиями равного уровня перерегулирования на плоскости параметров корректирующего устройства.

На диаграммах линейных систем с последовательным корректирующим устройством (ПИ, ПИ<sup>2</sup> или ПИД) по ординате откладывают значение их коэффициента передачи а по абсциссе значение их постоянных времени.

На рис.1 приведена структурная схема трехкратно интегрирующей системы регулирования скорости со свернутым и настроенным на модульный оптимум подчиненным контуром тока в относительных единицах.

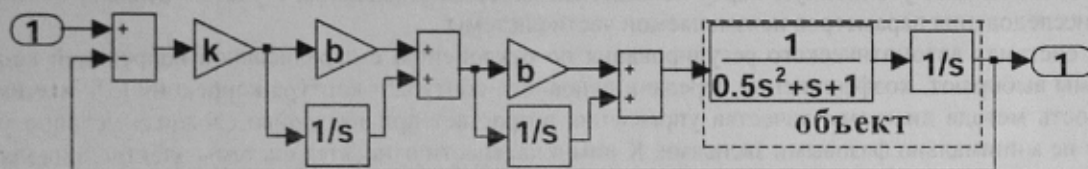


Рисунок 1 – Структурная схема системы регулирования скорости

На рис.2 приведена в координатах ПИ<sup>2</sup>-регулятора скорости диаграмма качества управления скоростью этой системы. Линии равного уровня перерегулирования, промаркированные в процентах, имеют дугообразный вид с явно выраженным максимумом. Это характерная особенность условно устойчивых систем, к которым принадлежит рассматриваемая система.

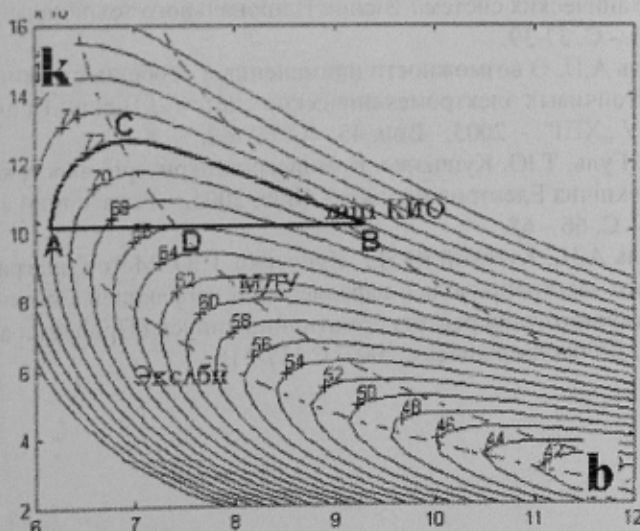


Рисунок 2 – диаграмма качества управления

По точкам максимума проведена штрих пунктирная линия максимальной добротности и запаса устойчивости (МДУ). Любая точка вне линии МДУ имеет присоединенную замкнутую область повышенной добротности и запаса устойчивости (ПДУ). Например, продолжением дугообразной линии перерегулирования уровня и запаса устойчивости передачи 10 из точки А можно достичь пересечения этих линий на 72% и прямой линии уровня коэффициента передачи от точки А до точки В являются верхней и нижней границами области ПДУ, в которой любая внутренняя точка имеет значение перерегулирования менее 72% и коэффициент передачи более 10, а точки отрезка линии МДУ внутри этой области от С до D дают наибольшее сбалансированное улучшение с нулевым значением их площадей ПДУ. Таким образом, точки отрезка

линии МДУ обеспечивают предельно достижимое улучшение качества регулирования исходной настройки в точке А если под улучшением качества управления понимать одновременное улучшение всех основных показателей качества управления (перерегулирование, время регулирования и число колебаний за время регулирования) а не перекося в пользу одного показателя с ухудшением остальных. На концах отрезка МДУ один из показателей достигает максимума улучшения при исходном значении другого. В точке С имеет место максимум контурного коэффициента передачи 12,5 при исходном значении 72% а в точке D 66% при исходном значении контурного коэффициента передачи 10.

Нанесенные на диаграмму рис.2 штрих пунктирные линии настроек по критерию минимума квадратичной интегральной оценки ( $\min$  КИО) и по критерию Экслби расположены на некотором расстоянии от линии МДУ. Каждая их точка имеет ненулевую площадь ПДУ и поэтому качество управления настроенных по ним условно устойчивых систем может быть улучшено.

Диаграмма качества управления условно устойчивых систем (непрерывных и дискретных) в частотной области имеет аналогичный вид, когда в качестве меры запаса устойчивости принято значение первого максимума амплитудной частотной характеристики.

Линии равного уровня перерегулирования или первого максимума АЧХ абсолютно устойчивых систем (например, контура тока в СПР) не имеют максимума и поэтому постановка оптимизационной задачи на линии МДУ не возможна. Однако построение диаграмм абсолютно устойчивых систем может оказаться полезным при компромиссном выборе контурного коэффициента передачи и запаса устойчивости. Например, автоматизация построения диаграмм качества управления с помощью таких систем структурного моделирования как МАТЛАБ резко сокращает время расчетов и дает подробную карту показателей качества во всем допустимом диапазоне варьирования параметров регулятора. Автоматическое построение диаграмм по сигналам действующей системы дает уточненную карту показателей качества управления с учетом реально сложившихся на момент исследования параметров неизменяемой части системы.

В системах автоматического регулирования по отклонению с параллельной коррекцией координатами диаграммы выбирают коэффициенты передачи основного контура и контура коррекции [5]. Значимость и эффективность метода диаграмм качества управления возрастает при настройке сложных условно устойчивых систем с не минимально фазовыми звеньями. К ним в частности относятся системы электропривода с негативным вязким трением, автоматизированная электромеханическая система регулирования нейтронной мощности ядерного реактора и т.д.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гуль А.И. Балансировка добротности и запаса устойчивости электромеханических систем // *Электротехника*. 2003. № 4. С. 55-62.
2. Клепиков В.Б., Гуль А.И. К теоретическому обоснованию минимаксного критерия для многократно интегрирующих электромеханических систем // *Вісник Національного технічного університету „ХПІ”*. – Харків: НТУ „ХПІ”. - 2004. –Вип. 43. - С. 37-39.
3. Клепиков В.Б., Гуль А.И. О возможности применения и особенности минимаксного критерия качества управления для условно устойчивых электромеханических систем // *Вісник Національного технічного університету „ХПІ”*. – Харків: НТУ „ХПІ”. - 2005. –Вип. 45. - С. 60 -62.
4. В.Б. Клепиков, А.І. Гуль, Т.Ю. Кунченко. Комплексний критерій якості керування умовно стійких електромеханічних систем // *Технічна Електродинаміка*. – Київ, 2005. - Тематичний випуск „Силова електроніка та енергоефективність. - Ч.3. - С. 66 – 68.
5. Клепиков В.Б., Гуль А.И., Кутовой Ю.Н., Кунченко Т.Ю. Метод диаграмм качества управления для систем автоматизированного электропривода с параллельной коррекцией. *Збірник наукових праць Дніпродзержинського державного технічного університету тематичний випуск «Проблеми автоматизованого електропривода. Теорія й практика»*. м. Дніпродзержинськ, 2007. С.117-118.