

## ОЦЕНКА ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ ПРИ ПЕРЕХОДЕ НА ЛИНИЮ МДУ

**Постановка вопроса.** В работе [1] теоретически показана возможность улучшения динамических показателей качества путем настройки регуляторов электроприводов на, так называемую, линию максимальной добротности и запаса устойчивости (МДУ).

Это дает возможность использования минимаксного критерия для настройки регуляторов электроприводов с подчиненным регулированием координат, относящихся к классу многократно интегрирующих электромеханических систем.

Известно, что многие из подобных электроприводов работают на нагрузку, которая в нормальных и аномальных режимах сопровождается процессом проскальзывания (буксования). Подобные режимы имеют место на прокатных станах, металлорежущих станках, рельсовом транспорте и многих других машинах и механизмах с нагрузкой типа «пара трения» [2]. При этом, во время нахождения рабочей точки на падающем участке характеристики нагрузки электромеханическая система представляет собой систему с отрицательным вязким трением и, в случае использования систем подчиненного регулирования (СПР), может относиться к классу условно устойчивых систем, систем, которые могут терять устойчивость, как при увеличении, так и при уменьшении контурного коэффициента усиления [3].

В данной статье показана методика оценки повышения качества управления при переходе на линию максимальной добротности и запаса устойчивости (МДУ). Данная методика может быть использована и для всего класса условно устойчивых систем.

### Материалы исследования.

На рис. 1 приведена простейшая структурная схема трехкратно интегрирующего контура СПР в условных обозначениях пакета программ Matlab и его приложения Simulink, где  $b$  параметр настройки.

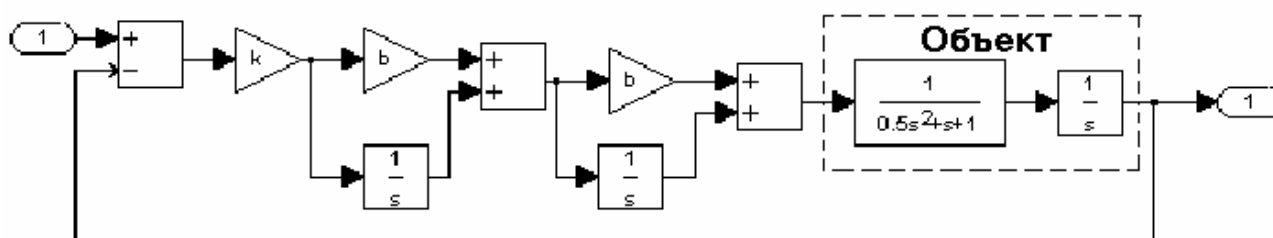


Рис.1 Структурная схема СПР

В плоскости диаграмм качества управления многократно интегрирующих систем рис.2 и рис.3 существуют области, в которых при надлежащем выборе настройки добротность  $k$  и запас устойчивости повышаются совместно, достигая предельных значений на линии их оптимального баланса.

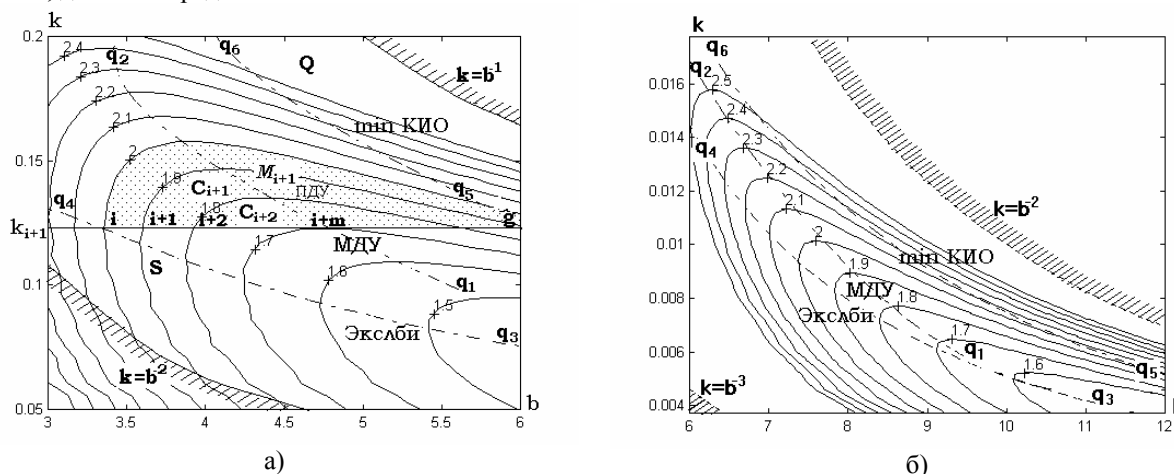


Рис.2. Диаграммы качества управления в частотной области:

— изолинии частотного показателя колебательности  $1,5 < M < 2,5$ ; — · — · — линии оптимальных настроек.

На диаграммах представлены изолинии показателя колебательности, границы области устойчивости и три линии оптимальных настроек: линия  $(q_1, q_2)$  оптимального баланса добротности и запаса устойчивости (максимум добротности и запаса устойчивости МДУ [3]), линия  $(q_3, q_4)$  минимума показателя колебательности  $M$  при вариации добротности  $k$  с постоянным значением параметра  $b$  (критерий Эклсби), линия  $(q_5, q_6)$  минимума квадратичной интегральной оценки (КИО).

Сущность метода настройки по критерию максимум добротности минимума перерегулирования сводится к следующему.

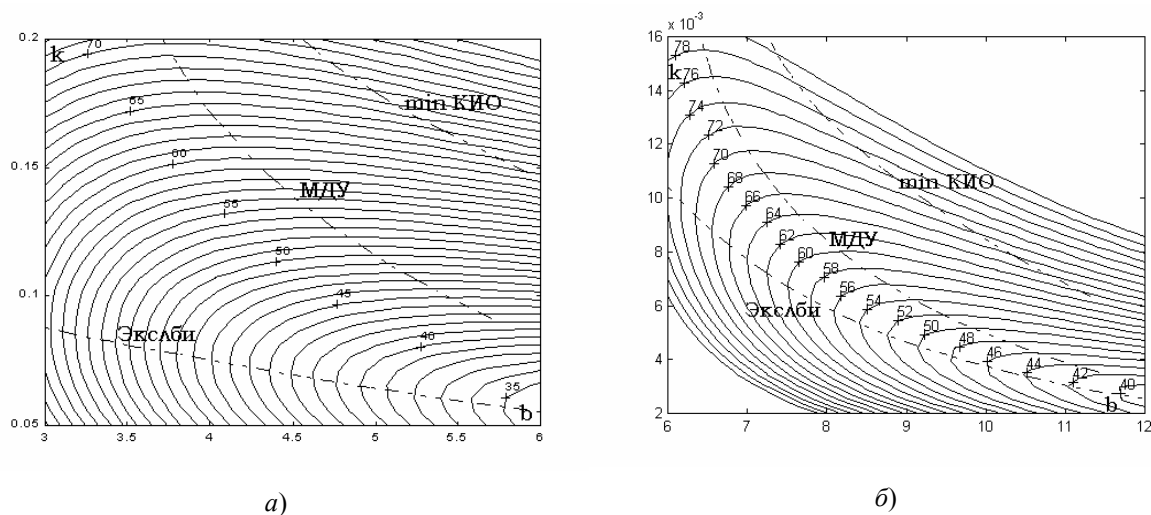
Если, задав перерегулирование, варьировать значение добротности  $k$  и параметра  $b$  (постоянной времени), то мы увидим, что в плоскости параметров  $k$  и  $b$  будут возникать так называемые изолинии, т.е. линии равного перерегулирования которое достигается при разных значениях добротности и постоянных времени.

Как видно из рис. 2а,б, для этих линий существуют значения максимума добротности, при которых обеспечивается равное перерегулирование. Однако известно, что при максимальной добротности и заданном перерегулировании будет обеспечено минимальное время регулирования, поэтому очевидно вот эти точки максимума будут обеспечивать при заданном перерегулировании максимум быстродействия.

Если соединить эти точки между собой, то получится линия, которая была названа максимумом добротности и запаса устойчивости (МДУ). Другими словами линия МДУ представляет собой геометрическое место точек касания изолиний добротности и изолиний запаса устойчивости.

По данному методу были построены изолинии для ряда условно-устойчивых систем с различными объектами регулирования. Их динамика была проверена методом компьютерного моделирования.

Результаты компьютерных исследований показали (рис 3а,б) что подобный метод настройки работает не только для традиционных, но и для условно устойчивых систем и является наилучшими по сравнению с традиционными настройками.



————— изолинии перерегулирования в %; — · — · — линии оптимальных настроек.

Рис.3. Диаграммы качества управления во временной области:

Каждая  $i+1$ -ая точка колебательной области устойчивости имеет присоединенную область ПДУ (область С, рис. 2а,б), ограниченную пересекающими эту точку изолиниями добротности  $k_{i+1}$  и запаса устойчивости  $M_{i+1}$ .

**Смещение параметров от точки традиционной настройки к любой точке на отрезке МДУ внутри соответствующей области ПДУ повышает одновременно и добротность и запас устойчивости, достигая на его концах максимальных значений.**

На рис. 4 и рис. 5 приведены переходные характеристики для четырех крайних точек области ПДУ, иллюстрирующие характер процессов и, в частности, определяющие их различие при равных значениях добротности и запаса устойчивости в противоположных точках пересечения ограничивающих область ПДУ изолиний.

При равных значениях первого максимума переходные характеристики 1 и 2 на рис. 2 и рис. 4 различаются временем первого согласования, частотой и количеством затухающих колебаний. Более высокочастотные и медленнее затухающие процессы имеют место при значениях параметров в зоне между линией МДУ и верхней границы устойчивости.

Диаграммы качества управления, предназначенные для различных условно-устойчивых систем, используемые в инженерной практике приведены в [4].

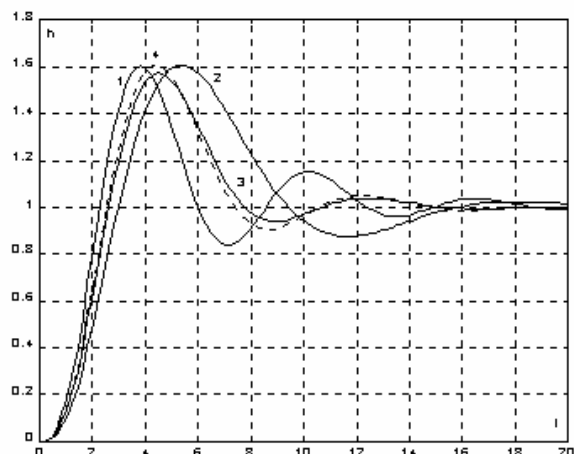


Рис. 4 Переходные характеристики двукратно интегрирующей СПР в крайних точках области

ПДУ ( $k=0,143 \sigma=61\%$ ):

1 –  $\sigma=61\%$   $k=0,143$   $b=6$ ;

2 –  $\sigma=61\%$   $k=0,143$   $b=3,27$ ;

3 – максимум добротности  $\sigma=61\%$   $k=0,157$   $b=4,17$ ;

4 – минимум  $\sigma=54,5\%$   $k=0,143$   $b=4,41$

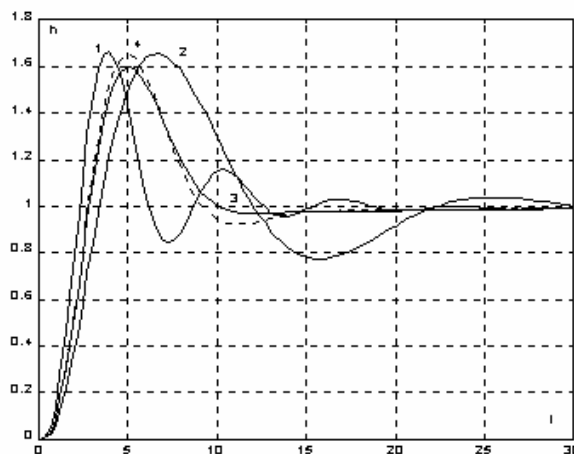


Рис.5. Переходные характеристики трехкратно интегрирующей СПР в крайних точках области

ПДУ ( $k=0,008 \sigma=66\%$ ):

1 –  $\sigma=66\%$   $k=0,008$   $b=10,3$ ;

2 –  $\sigma=66\%$   $k=0,008$   $b=6,8$ ;

3 – максимум добротности  $\sigma=66\%$   $k=0,01$   $b=7,4$ ;

4 – минимум  $\sigma=60\%$   $k=0,008$   $b=8,2$

#### Вывод.

В данной работе показано, что повышение качества управления при переходе на линию МДУ является более выигрышным по сравнению с традиционными настройками (критерий Элксби, минимум квадратичной интегральной оценки), так как может быть решена противоречивая задача. С одной стороны обеспечивается высокое быстродействие, которое может быть достигнуто при больших значениях добротности контуров. С другой стороны обеспечивается минимум перерегулирования, а, как известно при больших значениях добротности контуров перерегулирование увеличивается.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Гуль А.И. Параметрическая оптимизация многократноинтегрирующих электромеханических систем по критерию максимальной добротности и запасу устойчивости // Рукопись диссертации. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2004. С 48-59.
2. Клепиков В.Б., Гуль А.И. К теоретическому обоснованию минимаксного критерия для многократно интегрирующих электромеханических систем // Вестник Национального технического университета «ХПИ». – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2004. – Вып. 43. – С. 37-39.
3. Иванченко Ф.К., Красношапка В.А. Динамика металлургических машин. - М.: Металлургия, 1983.-295 с.
4. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического регулирования. - М.: Наука, 1972. -767 с.
5. Гуль А.И., Кутовой Ю.Н., Кунченко Т.Ю. Параметрическая оптимизация условно устойчивых электромеханических систем методом диаграмм качества управления: Монография. – Харьков: ХНАДУ, 2009. – 104с.