

Оптимизация объемов ресиверов калибратора давления для улучшения динамических характеристик

Лысова Алена Александровна, доцент
Пашнин Сергей Владимирович, старший преподаватель
Южно-Уральский государственный университет (г. Челябинск)

Приводится исследование влияния объемов ресиверов на устойчивость калибратора давления и предложены оптимальные объемы ресиверов, с которыми время переходного процесса уменьшается.

Ключевые слова: ресивер, калибратор давления, границы устойчивости, квадратично интегральная оценка.

Важной отраслью измерений в промышленности является измерение давления. Высокая необходимость измерения давления в научных исследованиях и в различных отраслях промышленности вызывает необходимость применения большого числа средств измерения давления и разности давлений различных по физической природе, устройству, назначению и точности. Все эти приборы при производстве и эксплуатации нуждаются в регулярных поверках, калибровках и настройках.

Образцовым средством измерения для датчиков давления является прибор, который называется калибратором давления. Исследование, разработка и поверка подобных измерительных систем, содержащих измерители-преобразователи давления, и создание соответствующих моделей является актуальным в связи с их широким применением в различных областях науки и техники, например, измерение давления в каналах, соплах, трубопроводах. Важно рассмотреть и сопутствующие задачи:

- оценка погрешностей, повышение точности измерительного процесса;
- учет и анализ некоторых других постоянных и переменных факторов (объемов ресиверов, проводимости дросселей и др.);
- применение новых методов анализа и расчета при оптимизации параметров поверочной системы.

Определение границ устойчивости системы – исследование влияния ее различных параметров на устойчивость. Для решения этой задачи служит построение областей устойчивости, т.е. определение таких областей значений параметров, при которых система оказывается устойчивой. Для построения таких областей на плоскости двух параметров необходимо нанести линии, соответствующие границе устойчивости. Тогда область, ограниченная этими линиями, будет представлять собой область устойчивости. Для того, чтобы окончательно убедиться в этом, необходимо для любой точки, лежащей внутри полученной области, по какому-либо критерию проверить устойчивость. Если устойчивость для этой точки будет иметь место, то она будет выполняться и для всех других точек, лежащих в этой области [1, с. 93].

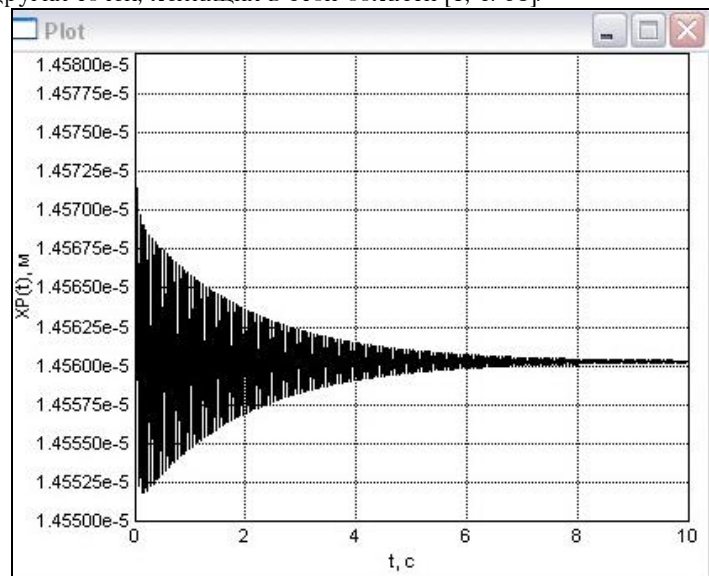


Рис. 1. Точка с заданными параметрами

Вследствие невозможности получения аналитической зависимости корней характеристического уравнения от объемов ресиверов и недоверия к результатам, полученным в программе MathCAD, для построения границ устойчивости воспользуемся методом перебора. А именно, будем изменять два объема ресиверов при фиксированном третьем объеме. Т.е. для поиска границы устойчивости фиксируем объем третьего ресивера (на заданной величине), для второго ресивера задаемся определенным шагом и, изменяя первый объем, ищем границу устойчивости для каждого шага второго. Затем, изменив (также с определенным шагом) объем третьего ресивера, проделываем так же поиск границы устойчивости. А затем меняем фиксируемый объем и все повторяем.

Например, выберем точку с заданными параметрами по условию и точку $V_{r1}=0,1л$, $V_{r2}=0,055л$, $V_{r3}=0,22л$. Отообразим поведение системы на рис. 1 и рис.2.

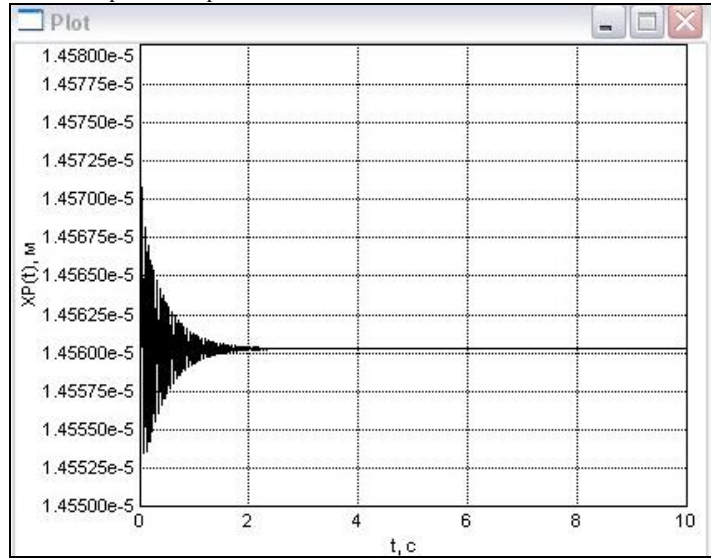


Рис. 2. Точка с параметрами $V_{r1}=0,1л$, $V_{r2}=0,055л$, $V_{r3}=0,22л$

В результате проделанной работы получаем графики на рис. 3 при третьем фиксированном объеме и на рис. 4 при втором фиксированном объеме.

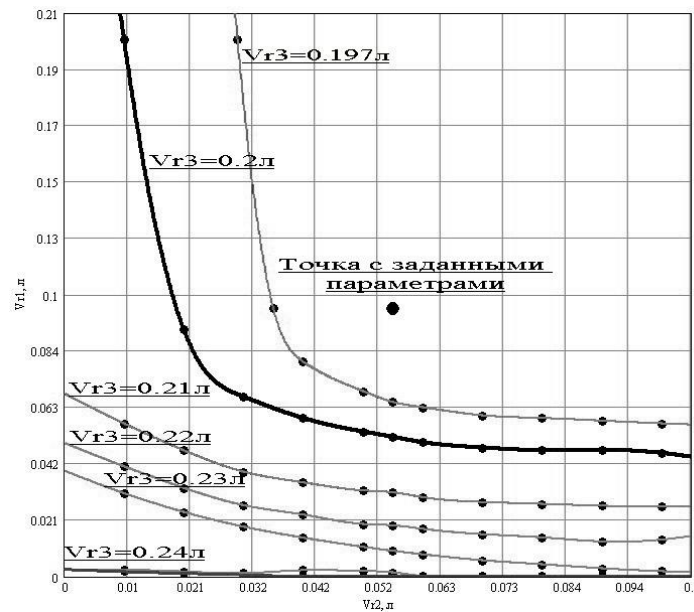


Рис.3. Границы устойчивости калибратора при фиксированном третьем объеме ресивера

Выше выяснено, что система может быть устойчива при ряде возможных объемов ресиверов. Однако требование устойчивости является еще не достаточным. Система может быть устойчивой, т.е. переходный процесс носит затухающий характер, но время затухания будет настолько велико, что практически данная система не может быть использована. Поэтому система должна быть не только устойчивой, но и иметь определенный (оптимальный) переходный процесс [2, с. 164].

Если переходный процесс системы имеет монотонный затухающий характер и ошибка системы изменяют свой знак, удобно использовать квадратично интегральную оценку.

$$I = \int_0^{\infty} x(t)dt, \quad (1)$$

где: $x(t)$ – отклонение управляемой величины от нового установившегося значения, которое она будет иметь после завершения переходного процесса.

Интегральная оценка имеет цель дать общую оценку быстроты затухания и величины отклонения управляемой величины в совокупности без определения того и другого в отдельности.

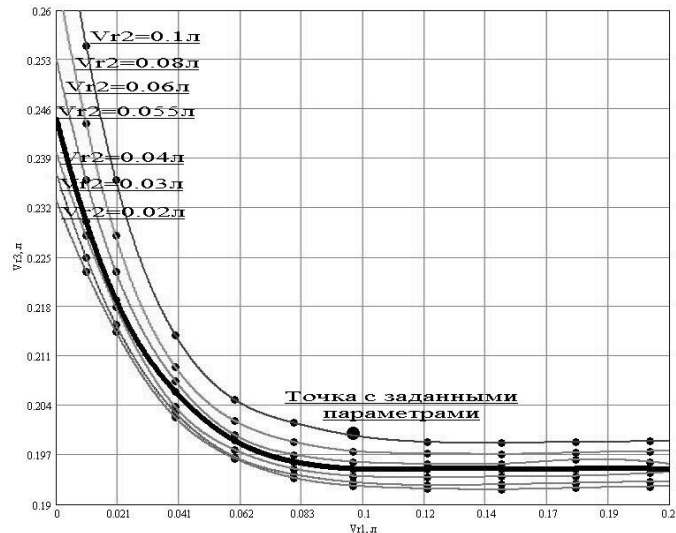


Рис. 4. Границы устойчивости калибратора при фиксированном втором объеме ресивера

Квадратичной оценкой будем исследовать перемещение поршня в виде:

$$I = \int_0^{10} xp(t) - xp_{статич.} dt. \quad (2)$$

Исследование будем проводить на промежутке времени от 0 до 10 секунд, т.к. у калибратора давления в течение 10 секунд переходный процесс заканчивается. Так же вычтем статическую составляющую перемещения поршня для оценки только самого переходного процесса.

Построим кривую квадратичной оценки. Для этого будем изменять объемы ресиверов по одиночке. Т.е. варьируем объем первого ресивера в пределах от границы устойчивости 0,06 (см. рис. 1, кривая для заданного объема Vr3=0,2 л) до объема превышающего заданный в 2.3 раза. Тоже самое проделываем и для остальных двух объемов..

В результате получили графики квадратичной интегральной оценки. (рис.5).

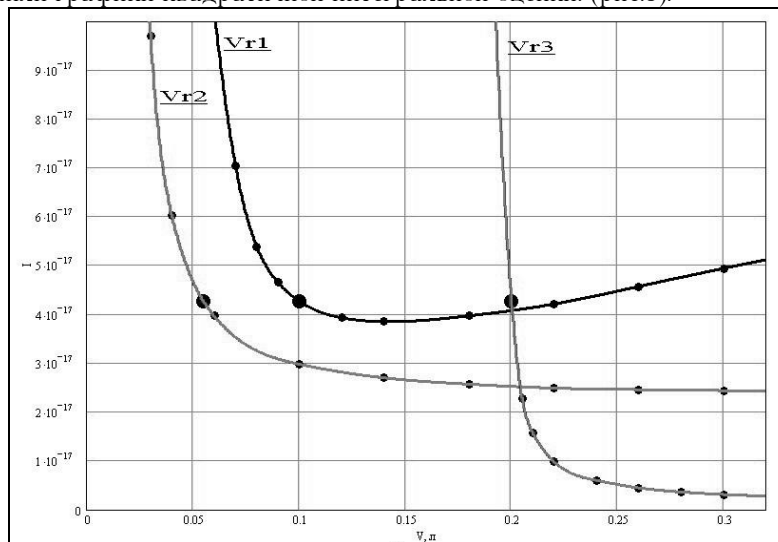


Рис. 5. Квадратично интегральная оценка
(жирными точками указано значение оценки при заданных объемах ресиверов)

По графикам на рис. 5 видим, что наиболее актуальна оптимизация по третьему ресиверу. Т.е. чем меньше значение оценки, тем переходный процесс быстрее будет затухать. Для этого необходимо увеличить объем третьего ресивера. Увеличим объем третьего ресивера до 0,3 л, и посмотрим, как изменится переходный процесс (рис. 6) относительно заданных параметров.

При сравнении графиков на рис.6 и 7 делаем вывод, что увеличение объема третьего ресивера в 1,5 раза привело к уменьшению времени протекания переходного процесса с 10 секунд до 1 секунды.

В результате проведенных исследований динамики калибратора давления построены области устойчивости. Данные области могут оказать помощь в дальнейших исследованиях по влиянию различных параметров на устойчивость системы и быстроты затухания.

Оптимизация объемов ресиверов на основе квадратичной интегральной оценке позволила снизить время переходного процесса с 10 секунд до 1 секунды. Это является существенным улучшением качества динамики калибратора давления.

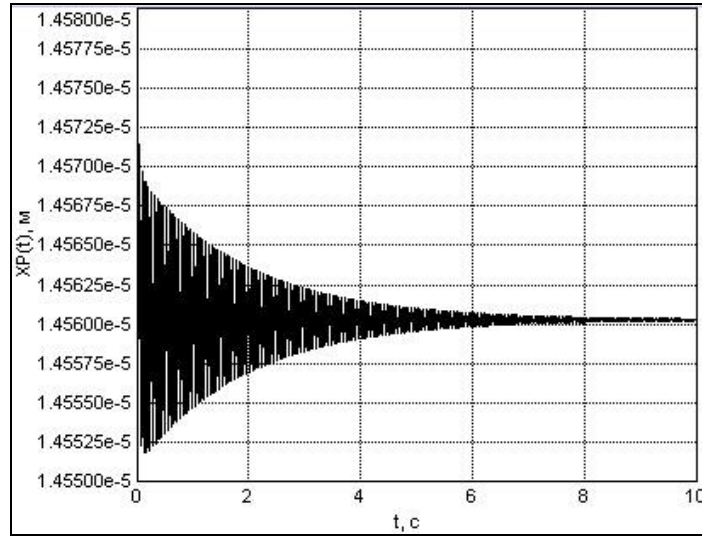


Рис. 6. Переходный процесс при заданных объемах

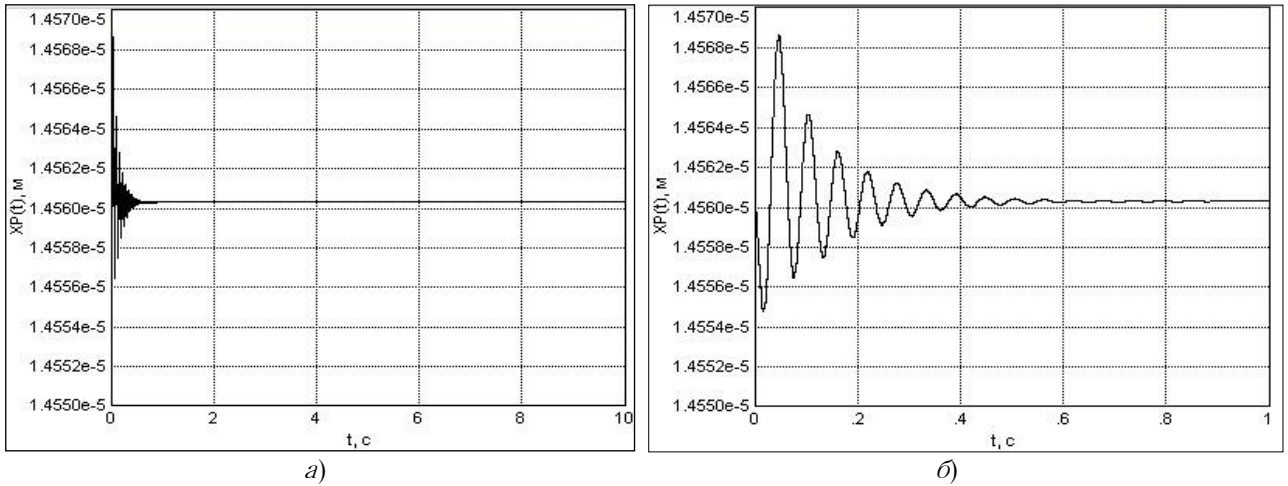


Рис. 7. Переходный процесс при оптимизированном объеме третьего ресивера

Литература:

1. Бессекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – СПб: «Профессия», 2004. – 747 с.
2. Зайцев, Г.Ф. Теория автоматического управления и регулирования – К.: «Выща школа», 1989. – 431 с.