

Г.В.Шестаков, А.Н.Головин

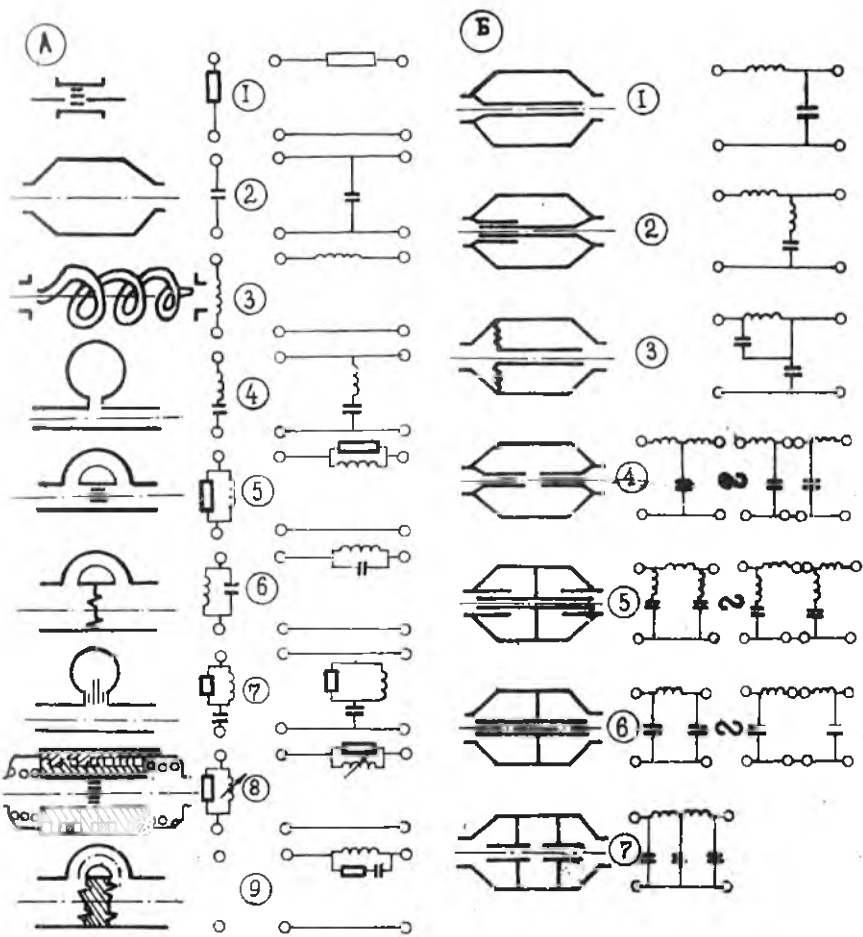
РАСЧЕТНЫЕ МОДЕЛИ ГАСИТЕЛЕЙ
ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Предложена классификация структур гасителей колебаний давления, на базе которой разработаны обобщенные расчетные модели гасителей. Разработанные расчетные модели позволяют унифицировать расчеты гасителей и разрабатывать системы их автоматизированного проектирования.

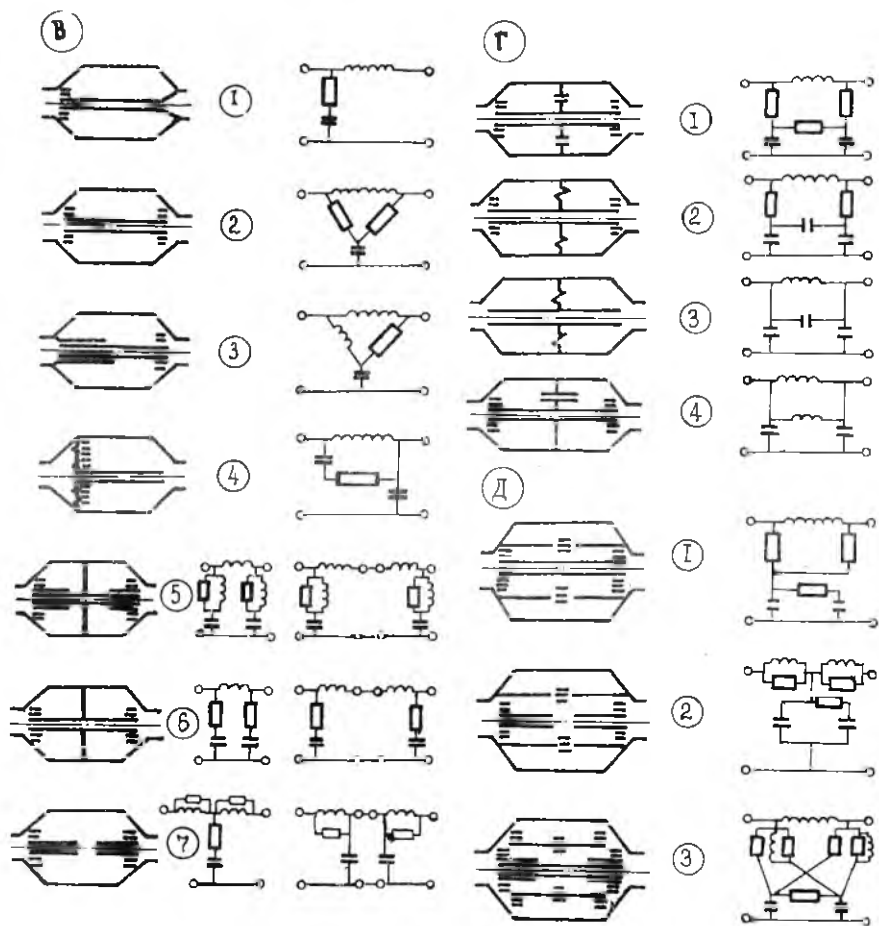
Отечественный и зарубежный опыт применения гасителей колебаний в гидравлических и топливных системах ДЛА показывает, что процесс проектирования этих устройств состоит из следующих этапов: выбор схемы гасителя; расчет его обобщенных параметров и конструктивных элементов. Выбор оптимальной схемы для конкретного варианта использования во многом определяет успех решения задачи в целом. Из литературы известно, что выбор оптимальной схемы можно осуществить либо на основе синтеза структур, либо на базе обобщенной расчетной модели гасителя. Синтез структур исследован в работе [1] применительно к демпферам с активным волновым сопротивлением. Он осуществляется по заданной передаточной функции Z_{12} в предположении, что характеристическое сопротивление демпфера как акустического четырехполюсника не зависит от вида Z_{12} . При этом нахождение оптимальной структуры гасителя по заданной передаточной функции осуществляется путем последовательных преобразований, выполняемых для каждого конкретного варианта системы. Однако при таком подходе возможны случаи, когда найденные структуры нельзя реализовать в гидравлических аналогах. Кроме того, проведение индивидуальных для каждой задачи преобразований неизбежно приводит к разрыву цепочки автоматизированного расчета.

Более перспективным для использования в автоматизированном проектировании является путь, предложенный в работе [2] и заключающийся в формировании обобщенной структуры гасителя. Исследован-

Динамические процессы в установках ДА. Куйбышев, 1990.



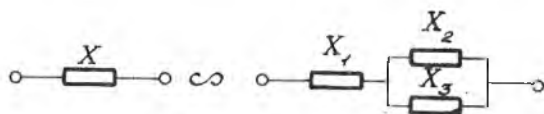
Р и с. I. Классификация структур гасителей



Р и с. I. Окончание

ная в этой работе обобщенная структура охватывает гасители, построенные по принципу акустических фильтров низких частот. Однако такие гасители составляют только часть, даже из числа известных. Поэтому очевидно стремление разработать такую исходную структуру, которая бы охватывала все возможные схемы гасителей.

Ниже предлагается вариант решения этой задачи через классификацию структур гасителей (рис. 1). Здесь структуры разделены на 5 блоков. В блоке А приведены схемы простейших гасителей. Динамические модели этих устройств представляются в виде двухполюсников, которые образуются последовательным или параллельным соединением элементов активного (схема I.A.1), упругого (схема I.A.2) и инерционного (схема I.A.3) сопротивлений. Схемы I.A.4...I.A.6 образованы комбинацией структур I.A.1...I.A.3. Введением в структуры I.A.4...I.A.6 дополнительных активных и реактивных элементов в схемах I.A.7...I.A.9 достигается изменение вида их частотных характеристик, вследствие чего регулируется рабочий частотный диапазон и эффективность действия устройств.

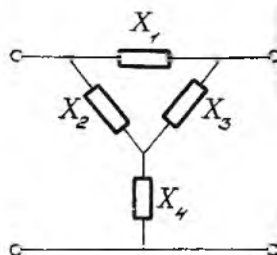


Р и с. 2. Обобщенная структура гасителей блока А

Обобщенная структура гасителей блока А изображена на рис. 2. В приведенной модели элемент X образован совокупностью элементов X_2 , каждый из которых, в свою очередь, может быть образован такой же совокупностью элементов, как и элемент X . Следовательно, используя преобразование, представленное на рис. 2, к каждому элементу X_2 можно получить сколь угодно сложную формализованную расчетную схему устройств типа приведенных в блоке А. Переход от обобщенной модели к конкретному устройству осуществляется присвоением элементам X_2 соответствующих значений. Так для схемы I.A.3: $X_1 = j\omega L$, $X_2 = 0$, $X_3 = 0$.

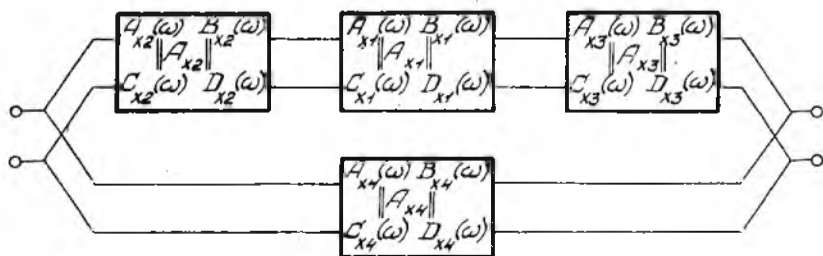
Если эффективность действия гасителей блока А определяется в основном отражением набегающих волн, то действие устройств блока Б базируется как на отражении набегающих волн, так и на изоляции колебаний внутри гасителей. По структуре эти устройства представ-

ляют собой Г, П и Т-образные реактивные четырехполюсники. Любая из этих схем, в свою очередь, может быть получена из Т-образной мостиковой структуры, приведенной на рис. 3 в качестве обобщенной для гасителей данного класса. Как и в первом случае, переход к конкретным схемам от обобщенной структуры осуществляется назначением параметров элементов Z_i .



Р и с. 3. Обобщенная структура гасителей блока Б

Гасители в блоке В образованы комбинацией структур гасителей блоков А и Б таким образом, что в ветви четырехполюсников блока Б включаются элементы гасителей блока А, представляемые двухполюсниками. Структуры гасителей блока В, как и гасителей блока Б, представляются схемой на рис. 3, в которой параметры элементов Z_i определяются параметрами элемента X в схеме на рис. 2. Принимая в качестве метода расчета и исследования четырехполюсниковых структур традиционный матричный метод, для обобщенной структуры (рис. 3) получим расчетную модель, приведенную на рис. 4. Модель составлена из цепочечных матриц простейших четырехполюсников, каскадно и параллельно соединенных между собой. $A(\omega), B(\omega), C(\omega), D(\omega)$ на рис. 4 - частотно зависимые коэффициенты матриц.

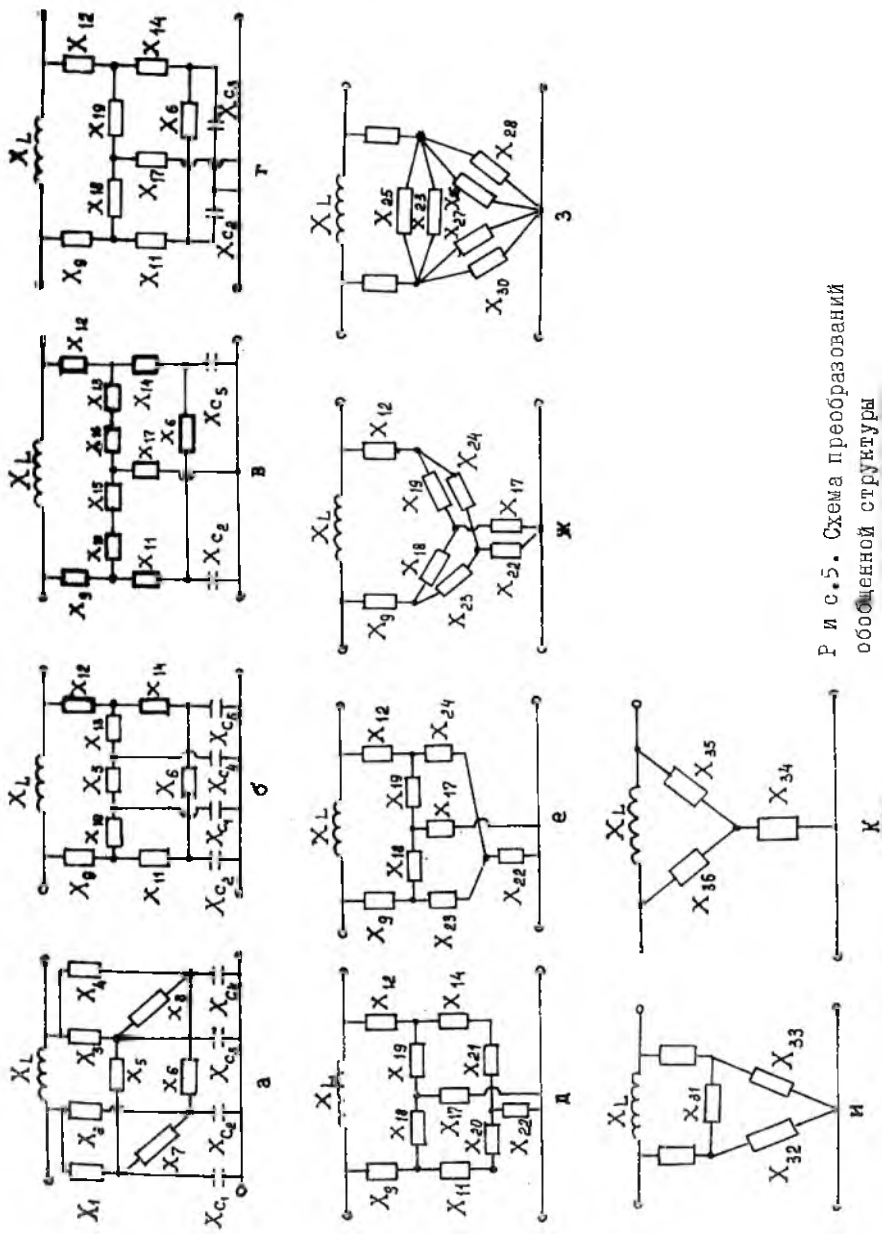


Р и с. 4. Обобщенная расчетная модель гасителей

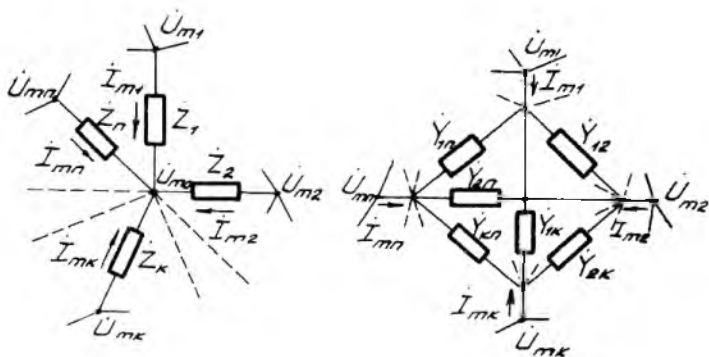
Развитием структур блока В являются структуры, представленные в блоках Г и Д. Особенностью этих схем является наличие двух и более шунтированных между собой расширительных полостей, которые образуются в результате продольного Г или поперечного Д развития конструкций. Такое наращивание структур позволяет резко увеличить эффективность действия устройств вследствие того, что коэффициент затухания у таких схем имеет степенную зависимость. Шунтирование параллельных плеч этих структур одно-, двух- или трехэлементными двухполосниками позволяет изменять вид частотных характеристик устройств в зависимости от решаемой задачи. Обобщенная структура гасителей блоков Г и Д представлена на рис. 5,а. Нетрудно видеть, что данная структура охватывает и гасители блоков А, Б, В, являясь, таким образом, обобщенной для гасителей всех типов. Однако вследствие разветвленности структуры ее расчетную модель нельзя представить комбинацией матриц передачи простейших четырехполосников. Анализ методов расчета сложно разветвленных цепей показывает, что задача решается методом эквивалентных преобразований сопротивлений. При этом обобщенная структура (рис. 5) трансформируется до структуры простейшего уровня. Условие эквивалентности преобразования для наиболее общего случая (преобразования N -угольника в N -лучевую звезду) записывается в виде

$$\dot{Y}_{ER} = \frac{\dot{Y}_E \dot{Y}_R}{\sum_{\nu=1}^n Y_{\nu}}$$

где Y_{ν} — комплексные проводимости элементов структуры в соответствии с обозначениями рис. 6. Проведенные согласно этому правилу и проиллюстрированные на рис. 5,а...5,к преобразования показывают, что обобщенная структура (рис. 5,а) приводится к уже рассмотренной Т-образной мостиковой структуре. Следовательно, в качестве расчетной модели может использоваться модель рис. 4, где значения комплексных сопротивлений и коэффициентов передачи $A(\omega)$, $B(\omega)$, $C(\omega)$, $D(\omega)$ получены в соответствии с формулами эквивалентных преобразований [3]. Отсюда очевидно, что имея единую расчетную модель, обобщенные структуры (рис. 3 и рис. 5,а), а также и другие возможные модификации структур отличаются лишь уровнем детализации элементов. Это позволяет оптимизировать алгоритм поиска наилучшей схемы за счет варьирования области поиска для каждой конкретной задачи.



Р и с. 5. Схема преобразований обобщенной структуры



Р и с. 6. Схема преобразования N -угольника в N -лучевую звезду

Таким образом, несмотря на существующее разнообразие схем гасителей, большинство их них, пригодных к применению в топлив-ных и гидравлических системах ДЛА, сводятся к единой расчетной модели, из которой конкретные варианты гасителей определяются как частные случаи. Это позволяет унифицировать расчеты гасителей и разрабатывать системы автоматизированного проектирования, в которых требуемое устройство устанавливается оптимизацией обобщенной структуры.

Библиографический список

1. Брудков Л.И. Исследование демпферов для снижения пульсаций рабочей среды в трубопроводных системах двигателей летательных аппаратов: Дис... канд. техн. наук. Куйбышев, 1978. 168 с.
2. Головин А.Н. Разработка гасителей колебаний жидкости для трубопроводных цепей двигателей и систем летательных аппаратов: Дис...канд. техн. наук. Куйбышев, 1983. 200 с.
3. Лосев А.К. Линейные радиотехнические цепи. М.: Высшая школа, 1971. 560 с.