

A Software System for Magnetic Fields Calculation of Magnetostrictive Converters of Level

The description of an authoring software system realizing an effective numerical method of magnetic fields calculation for attachable magnetostrictive converters of level (MCL) is given. The mathematical modeling is performed and the research results can be used for optimization of MCL attachable existing designs.

Key words: magnetostrictive converters of level, mathematical modeling software.

УДК 007.62-5

К. В. Шишаков, кандидат физико-математических наук, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И СИНТЕЗ УПРУГОЙ КОНСТРУКЦИИ БОЛЬШОГО ТЕЛЕСКОПА С ЭЛЕМЕНТАМИ УПРАВЛЕНИЯ

Рассматриваются направления системного анализа и синтеза упругой конструкции большого телескопа и исполнительных элементов управления с использованием стандартных программ моделирования.

Ключевые слова: управление, упругая конструкция, большой телескоп, анализ, синтез.

При проектировании и создании современных больших оптических телескопов (с апертурой от 3 до 10 м и более) требуется обеспечивать взаимное согласование динамических (частотных) свойств упругой оптико-механической конструкции с элементами активных систем управления [1, 2]. Такое согласование начинается с проведения анализа эскизов выбираемой конструкции телескопа. Параллельно встает задача синтеза упругой конструкции с элементами управления, направленная на достижение поставленных требований к телескопу. В последующем анализ и синтез чередуются, дополняя друг друга. Рассмотрение их задач можно проводить с использованием аналитических и численных вычислений. Аналитические вычисления выполняются на упрощенных моделях с минимальным числом важнейших факторов. Они направлены в большей мере на качественную и предварительную проработку упругой конструкции телескопа с элементами управления. Последующее, уточняющее многофакторное исследование в современных условиях выполняют численно с помощью стандартных процедур компьютерного моделирования в пакетах специализированных программ. Рассмотрение системного анализа и синтеза упругой конструкции большого телескопа с элементами управления с использованием компьютерных программ является целью статьи.

Направления проведения динамического анализа упругой конструкции большого телескопа

Проведение анализа конкретной оптико-механической конструкции телескопа с исполнительными элементами наведения начинается с построения ее 3D компьютерной модели [3]. Далее она передается в соответствующие программы компьютерного исследования. При этом процедура анализа конструкции включает следующие шаги.

1. *Проведение частотно-модального и прочностного динамического анализа упругой конструкции* [4]. Здесь определяются спектр частот и соответствующие динамические моды резонансных колебаний упругой механической конструкции. По виду таких мод и распределению напряжений в них можно отметить «узкие места» конструкции (с точки зрения выравнивания пространственного распределения прочности и жесткости).

2. *Графическое построение амплитудно-фазовых частотных характеристик (АФЧХ) упругой конструкции*. Проводится с учетом результатов частотно-модального анализа. Изучаются отклики исследуемых переменных: а) на управляющие воздействия, б) внешние возмущения, в) внутренние эксплуатационные возмущения [4]. При этом АЧХ показывает силу отклика, а ФЧХ помогает идентифицировать конструктивно задемпфированные резонансные частоты [5]. По амплитуде резонансных откликов оцениваются декременты затухания конструкции и степень влияния внешних возмущений и управляющих воздействий на динамическое поведение конструкции на резонансных частотах. Первый наблюдаемый резонанс упругой конструкции согласуется с полосой пропускания контуров управления. Неравномерное распределение резонансных частот и неплавное убывание АЧХ может указывать на недоработку конструкции.

3. *Изучение влияния возмущений на микроколебания упругой конструкции телескопа*. Выполняется в размерных единицах для конкретных спектров возмущений на основе результатов предыдущего пункта. По результатам анализа формулируются задачи демпфирования резонансных частот или их вынесения за пределы спектра возмущений.

4. *Построение и анализ передаточных функций объектов управления*. Здесь по графикам АФЧХ на

управляющие воздействия идентифицируются аналитические передаточные функциями $W_{ov}(p)$ выбранной структуры [6]. Если их дополнить передаточными функциями $W_R(p)$ регуляторов каналов управления, получим передаточную функцию для анализа ошибки замкнутой системы:

$$W_e(p) = 1 / [1 + W_R(p)W_{ov}(p)].$$

Перечисленные шаги выполняются стандартными процедурами программ конечно-элементного анализа и Matlab [4, 6]. В ходе их выполнения выявляются «узкие места» конструкции (слабые упругие элементы, нежелательные резонансные частоты и др.), изучаются возможности «развязки» упругих колебаний («размещая» элементы контуров управления в узлах отдельных мод), уменьшается неопределенность в выборе конструктивных и системных параметров. Последнего добиваются процедурами структурно-параметрического синтеза конструкции с требуемыми свойствами.

Последовательность проведения динамического синтеза упругой конструкции большого телескопа

Такой синтез проводится на этапе предварительного анализа, когда детальная проработка конструкции отсутствует. Здесь сначала используют грубые аналитические модели (низкочастотные). Далее в них учитывают важнейшие упругие связи. На заключительном этапе применяют конечно-элементные модели.

Синтез конструкции большого телескопа с элементами управления зависит от действующих на него доминирующих внешних и внутренних эксплуатационных возмущений [7]. Кратко обсудим их. Термодеформации конструкции являются квазистатическими и поэтому на динамику не влияют. Сейсмические воздействия редки и интересны только с точки зрения сохранения работоспособности телескопа. Возмущения сейсмофона рассеиваются в специально спроектированном фундаменте. Атмосферная турбулентность на динамику всего телескопа не влияет. В итоге наибольший интерес представляют ветровые нагрузки с широким спектром (внешние возмущения) и инерционные нагрузки, создаваемые управлением (внутренние возмущения). При этом исследование ветровых нагрузок в большей мере относится к анализу (рассматриваются задачи их ослабления с помощью купола, ветрозащиты и алгоритмов комбинированного управления), а зависящих от управления инерционных нагрузок – к синтезу.

Для задачи синтеза при изучении инерционных воздействий можно ограничиться упрощенной схемой «прямого» влияния подчиненных каналов [2, 8]: [низкочастотное сопровождение по углам A (азимута) и H (высоты)] \Rightarrow [инерционные нагрузки на ВЗ (вторичное зеркало) и ГЗ (главное зеркало)] \Rightarrow [их отработка контурами управления ВЗ и ГЗ]. Обратным влиянием будем пренебрегать в силу следующих причин. Деформации формы ГЗ

измеряются в микрометрах и не могут создавать заметных инерционных нагрузок. Движения ВЗ на средних частотах также не будет передаваться на низкие частоты сопровождения. На низких частотах относительные малые перемещения ВЗ (не более угловой минуты) по закону о сохранении кинетического момента будут влиять на углы A и H пропорционально малому отношению моментов инерции ВЗ и всей конструкции.

Для больших наземных телескопов частоты первой ступени управления (по углам A и H) редко превышают 1...2 Гц [1, 10]. Для телескопа БТА ($D = 6$ м) доминирующая частота конструкции 0,1 Гц, полоса частот по H : $\approx 0,4$ Гц, по A : $\approx 0,7 \dots 1,2$ Гц, а для проекта OWL ($D = 100$ м) низшая частота без блокировки оси $\approx 1,6$ Гц, с блокировкой оси $\approx 2,06 \dots 2,58$ Гц [10]. Облегчение конструкций сопровождается ограничениями инерционных воздействий на них, уменьшением энергопотребления, приоритетностью плавности хода телескопа по сравнению с высокочастотной ошибкой его стабилизации для некоторых экспозиций. Для синтеза важно, чтобы частоты $\Omega_{A, H}$ следящих систем по углам A и H не на много превышали низшие резонансные частоты конструкции (для проекта OWL ≈ 4 Гц [10]).

На практике самыми низшими часто являются частоты колебаний большого телескопа на упругих прямых силовых передачах по углам A и H (порядка нескольких Гц при активном «закреплении» ротора со статором электропривода через обратные связи управления) [9]. При этом жесткости валов и крепления статора должны удовлетворять условиям непревышения упругими деформациями заданной точности наведения при действии эксплуатационных ветровых и инерционных нагрузок. Для активного подавления колебаний используются контуры активного демпфирования по угловой скорости в составе электроприводов [9]. Для БТА ожидают, что активное демпфирование снизит время затухания колебаний в 5...6 раз.

Синтез более высоких частот конструкции большого телескопа может проводиться из условий максимального ее облегчения (при этом уменьшаются стоимость, требования к электроприводам, энергопотребление и др.). Частота стальной фермы телескопа SALT ($D = 11$ м) ≈ 7 Гц [10]. В процессе такой оптимизации следует ожидать уменьшения разброса резонансных частот конструкции. Другим требованием может стать вынесение частот конструкции за пределы основной полосы возмущений (особенно ветровых). В космических приложениях часто требуется располагать резонансные частоты упругой конструкции выше 40 Гц.

Далее в конструкцию телескопа частотно-согласованно встраивают управление ВЗ, третичным зеркалом и др. [2, 8]. Частота последнего до 5 Гц для телескопа TNG с $D = 3,58$ м и до 50 Гц для телескопа SOAR с $D = 11$ м. Полоса частот ВЗ в проекте Euro50 ($D = 50$ м) до 1 Гц [10].

Анализ и синтез исполнительных элементов управления

Для начальных этапов анализа и синтеза низкочастотных контуров управления по углам A и H широко используются квазитвердотельные модели телескопа. Влияние высоких частот прохождения упругих микроколебаний по конструкции исследуется позднее, в процессе моделирования ее динамики (в рамках частотной декомпозиции задачи [2, 7]).

Более точный анализ управления сложной конструкцией телескопа начинается с построения передаточных функций воздействия внешних возмущений и исполнительных элементов на разомкнутые контура управления [4]. Наиболее просто это выполнить для закрепленных объектов. При расчете передаточных функций влияния внешних возмущений (ветра и других) на телескоп такое закрепление обеспечивается контурами обратных связей (эквивалентно упруго-вязкой связи ротора со статором).

Получение передаточных функций управляемых координат A и H сложнее из-за необходимости учета в них переносного «твёрдотельного» углового движения конструкции. При этом передаточные функции переносного движения описываются в рамках теоретической механики, а упругих деформаций конструкции – в рамках упругодеформируемого анализа. Не все стандартные программы конечно-элементного анализа позволяют объединить в себе эти две методологии. Например, в пакете Pro / Mechanica требуется обязательное задание условий закрепления.

В подобных случаях можно попробовать такие передаточные функции разомкнутых систем приближенно восстановить через передаточные функции замкнутых систем, упруго-вязко закрепленных контурами обратных связей. Например, для выбранного положения телескопа вводятся активные упругие связи с коэффициентами усиления K в обратных связях. Передаточные функции замкнутых объектов управления могут быть найдены и будут иметь вид

$$W_{\text{зам}}(p) = KW_{\text{раз}}(p) / [1 + KW_{\text{раз}}(p)].$$

По обратной формуле

$$W_{\text{раз}}(p) = 1 / K[1 / W_{\text{зам}}(p) - 1]$$

из них можно выделить передаточные функции разомкнутых систем (они нужны для синтеза регуляторов). В таком подходе объединяются механика и управление. Его недостаток – численная зависимость передаточных функций от углов A и H .

Выбор частот каналов управления по углам A и H должен быть согласован с эксплуатационными требованиями к электроприводам (по ускорениям, скоростям, мощности). Для этого изучаются наиболее быстрые программы наведения и перенаведения телескопа. Управляющие моменты влияют на выбор упругой передачи и упругого закрепления статоров.

Остаточные ошибки наведения телескопа по углам A и H выбираются в качестве исходных сигналов для их отработки ВЗ. Они же задают диапазон его относительных угловых перемещений. Частоты замкнутого ВЗ желательно устанавливать выше низших резонансных частот колебаний телескопа на упругих силовых передачах и ниже резонансных частот остальной упругой конструкции вместе с ГЗ (чтобы ВЗ не возмущало их). Частоты ВЗ также согласуются с режимами экспозиции.

Частоты упругих колебаний закрепленного ГЗ с присоединенными к нему приводами коррекции формы желательно устанавливать выше частот управления ВЗ. Частоты активного управления формой ГЗ – сверхнизкие. Для телескопа ESO VLT с $D = 8,2$ м частоты управления формой ГЗ до 1 Гц, а для телескопа Keck с $D = 9,82$ м – до 2 Гц [10].

Заключение

Рассмотренные с системных позиций анализ и синтез упругой конструкции большого телескопа с элементами управления определяют основные направления методологии системного проектирования больших телескопов с использованием компьютерных программ.

Библиографические ссылки

1. *Теребиж В. Ю.* Современные оптические телескопы. – М.: Физматлит, 2005. – 79 с.
2. *Исупов А. Н., Шишаков К. В.* Системный анализ проблемы наведения большого наземного информационного телескопа // Вестник ИжГТУ. – 2005. – № 1. – С. 18–31.
3. *Исупов А. Н., Шишаков К. В.* Построение моделей подсистем уникальных комплексов с использованием 3D-технологий // Газоструйные импульсные системы: сб. ст. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2000. – Т. 2. – С. 248–258.
4. *Шишаков К. В., Исупов К. С., Ефремов С. М.* Построение передаточной функции модуля прецизионного наведения космического телескопа // Техника машиностроения. – 2001. – № 5. – С. 27–29.
5. *Шишаков К. В., Газизов С. Г., Молин С. М.* Анализ амплитудно-фазовых частотных характеристик при виброиспытаниях составных балочных элементов переменного сечения // Техника машиностроения. – 2000. – № 4.
6. *Шишаков К. В., Исупов К. С., Кузнецов П. Г.* Формирование моделей сложных упругих объектов управления аэрокосмического назначения // Известия вузов. Авиационная техника. – 2002. – № 2. – С. 71–73.
7. *Шишаков К. В.* Частотный анализ состава системы наведения большого телескопа // Интеллектуальные системы в производстве. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2010. – № 1(15) – С. 249–257.
8. *Шишаков К. В.* Проблемы и принципы управления оптико-механическими комплексами наведения больших наземных телескопов // Интеллектуальные системы в производстве. – Ижевск: Изд-во ИжГТУ, 2009. – № 2. – С. 177–185.
9. *Шишаков К. В.* Управление прецизионным электроприводом в условиях возмущений // Вестник ИжГТУ. – 2007. – № 3(35). – С. 81–83.
10. URL: www.wikipedia.org

System analysis and synthesis directions for large telescope deformable construction with control elements are considered. The research is based on standards modeling programs.

Key words: control, large telescope, analysis, synthesis, deformable construction.

УДК 004.056

Н. В. Рубцов, аспирант, Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ УЯЗВИМОСТЕЙ В СИСТЕМАХ IP-ТЕЛЕФОНИИ

Оценка уязвимостей в системах IP-телефонии требует системы критериев, предоставляющих возможность гибкой оценки и определения явных различий для специфических уязвимостей данной области. Автором предложена система критериев и методика их применения, удовлетворяющие данным требованиям.

Ключевые слова: уязвимость, IP-телефония, информационная безопасность, информационные система, оценка уязвимостей.

Повышение уровня безопасности любой информационной системы включает в себя следующие этапы: поиск существующих уязвимостей, оценка обнаруженных уязвимостей и принятие мер по отношению к найденным уязвимостям. В данной статье будет рассмотрен метод оценки выявленных в системе уязвимостей.

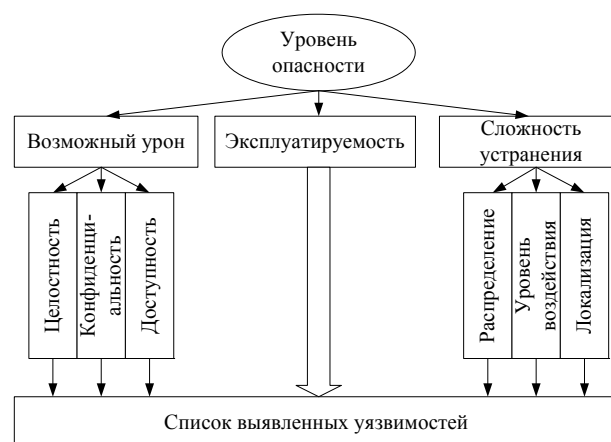
Уязвимость – это ошибка, недостаток, слабость или дефект приложения, системы, устройства или службы, который может привести к нарушению конфиденциальности, целостности или доступности [1]. Оценка уязвимости представляет собой процесс изучения и ранжирования (приоритезации) уязвимости с целью повышения эффективности и снижения затрат на работы по поднятию уровня безопасности и устранению уязвимостей системы.

Системы IP-телефонии, так же как и другие информационные системы, в ходе аудита безопасности могут быть подвергнуты процедуре оценки уязвимостей. После рассмотрения общих методов оценки уязвимостей возникает вопрос о получении более гибкой и точно соответствующей ситуации оценки. Это связано не только со спецификой уязвимостей сетей и приложений IP-телефонии, но и с различиями в приоритетах разных организаций. С этой целью предлагается альтернативный метод оценки уязвимостей, основанный на методе анализа иерархий [2]. Данный метод легко позволяет автоматизировать обработку результатов оценок экспертов. Для использования метода анализа иерархий была разработана система критериев, представленная на рисунке.

Возможный урон целостности, конфиденциальности и доступности в результате эксплуатации уязвимости оценивается экспертно посредством сравнения результатов отдельных атак на систему для различных уязвимостей.

Параметр «уровень воздействия уязвимости» определяет, имеет ли место уязвимость на аппаратном, программном или уровне настройки системы. Зачастую определить уровень воздействия уязвимости может быть сложно, поэтому при оценке следует

руководствоваться типом вмешательства в систему, требуемым для устранения уязвимости. Уязвимость может быть устранена посредством внесения изменений в аппаратную или программную структуру системы, а также изменением настроек системы. Нередки случаи, когда уязвимость может быть устранена различными типами изменений. В этом случае для оценки используется допустимый вариант с наименьшей оценкой. Для сравнения уязвимостей по данному критерию используется табл. 1.



Система критериев для оценки уязвимостей

Таблица 1. Таблица оценки отношений важности по критерию «уровень воздействия»

| | <i>H</i> | <i>S</i> | <i>C</i> |
|----------|----------|----------|----------|
| <i>H</i> | 1 | 1/5 | 1/9 |
| <i>S</i> | 5 | 1 | 1/5 |
| <i>C</i> | 9 | 5 | 1 |

H – уязвимости на аппаратном уровне; *S* – уязвимости на программном уровне; *C* – уязвимости на уровне настройки.

Распределение уязвимых объектов в сети определяется процентом уязвимых объектов от всех сетевых объектов сети (в расчет берутся серверы, клиентские рабочие станции, шлюзы, регистраторы,