электронный научно-технический журнал
ИНЖЕНЕРНЫЙ ВЕСТНИК
издатель ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана»

Динамическая устойчивость магниторезонансного подвеса в маловязких средах

77-48211/574148
04, апрель 2013

Диденко А. С., Корниенко А. Н.

УДК 621.31(075.8)

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана
epe@bmstu.ru

В качестве объекта проводимого исследования был взят магниторезонансный подвес с цилиндрическим центрирующими элементами (ЦЭ).

Цель исследования состоит в обеспечении динамической устойчивости каналов центрирования магниторезонансного подвеса (МрП) в условиях воздушной среды.

Была поставлена задача исследовать возможность коррекции базовой структуры МрП введением дополнительных средств электрического демпфирования.

Техническое применение магниторезонансных подвесов в целом ряде высокотехнологичных устройств не допускает жидкостное заполнение внутреннего объёма. Присутствие вязкой среды обеспечивает демпфирование резонансных LC – контуров и посредством этого управление процессом центрирования МрП. Поэтому в маловязкой воздушной среде возникает необходимость замещения недостатка внешнего демпфирования корректировкой базовой структуры МрП, в частности, с использованием электрических средств.

На рис.1 изображён ЦЭ магниторезонансного подвеса, который состоит конструктивно из статора и ротора.



Рис. 1. Конструкция ЦЭ

Статор ЦЭ представлен в варианте четырёхполюсного магнитопровода с размещёнными на полюсах двухсекционными катушками. Ротор в форме цилиндрического тела из феррита помещается в расточку внутренних торцевых областей полюсов статора с кольцевым зазором 50 мкм. Конструкцию МрП составляют два ЦЭ, располагаемых соосно в корпусной детали. Объединённые в единый узел роторы ЦЭ образуют подвижную часть подвеса.

Бесконтактное взвешивание роторов относительно полюсов статоров ЦЭ осуществляется формированием электромагнитной структуры резонансных LC контуров. Для управление радиальным положением роторов в межполюсном пространстве статоров, секции катушек на диаметрально ориентированных полюсах соединены в электрические мосты.

На рис. 2 представлена электрическая схема мостового объединения секций катушек взаимодействующих полюсов ЦЭ, включаемых согласно в противолежащие плечи и образующих один канал центрирования МрП.

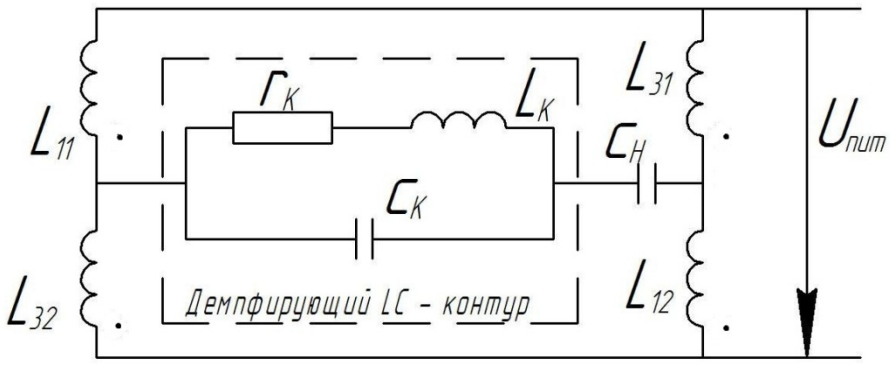


Рис. 2. Канал центрирования МрП

Два центрирующих канала каждого ЦЭ должны обеспечивать мгновенную чередующуюся полярность полюсов попарно сочетанием N-N & S-S. В диагонали электрических мостов четырёхканальной схемы управления МрП включаются конденсаторы C_H с целью формирования центрирующих воздействий на радиальные смещения роторов.

Выбор величины настроечной ёмкости C_H осуществляется по стандартной методике известной из [1] на зарезонансном участке резонансной характеристики последовательного LC-контура в соответствии с условием $\boldsymbol{L \cdot \omega - \frac{1}{C_н \cdot \omega} = \eta \cdot r}$, где

L – величина индуктивности при центральном положении ротора;
r – величина активного сопротивления резонансного контура;
ω – круговая частота источника питания;
η – параметр настройки.

Современным тенденциям миниатюризации ЦЭ соответствует питание МрП на повышенных частотах в диапазоне до 10 кГц. В этих условиях LC – контуры МрП характеризуются высокой добротностью – Q более 30 единиц. Поэтому рекомендуемая настройка по параметру $\eta=1$ и добротности LC – контуров $Q_0>30$ единиц, не способен обеспечить динамическую устойчивость каналов центрирования со структурой представленных ранее электрических мостов.

Исследование динамики МрП в маловязких средах при ограниченном ресурсе демпфирования, проведённые Корниенко А.Н. показали возможность достижения оптимальной крутизны регулирования токов в резонансных контурах каналов центрирования с приведённой добротностью $Q_{пр} = \frac{L \cdot \omega}{r + r_g}$, составляющей от 2,8 до 5 единиц. С этой целью в базовую структуру МрП включается в диагонали электрических мостов параллельный резонансный LC –контур (см. выделенная область на рис. 2) последовательно с конденсатором C_H.

Параллельный резонансный LC – контур осуществляет отбор избыточной колебательной мощности в каналах центрирования за счёт формирования активной составляющей вносимого сопротивления - r_g на резонансной частоте ω, то есть проявляется демпфирующим качеством. Реактивная составляющая сопротивления такого демпфирующего контура проявляется фазокорректирующим звеном канала центрирования в диапазоне частот расстройки $\omega \pm \omega_0$ на собственной частоте ω_0. Крутизна изменения реактивного сопротивления должна быть высокой, что определяется добротностью – q демпфирующего контура, которую следует обеспечивать на уровне от 8 до 12 единиц.

Для расчёта требуемых параметров элементов демпфирующего контура необходимо определить величины добротности Q_0 и сопротивления r, получаемые в процессе настройки каналов центрирования. Добротность резонансных контуров

исследуемых ЦЭ на частоте источника питания 8к Гц составляет 32 единицы при активном сопротивлении катушек полюсов r=1,2 Ом.

Далее в соответствии с рекомендациями для величины приведённой добротности по выражению $Q_{пр} = \frac{L \cdot \omega}{r + r_g}$ выбираем $Q_{пр} \approx 3$ ед, что обеспечивает при $r_g = 10$ Ом. С учётом добротности демпфирующего контура q=10 ед определяем активное сопротивление r_K катушки индуктивности по формуле $r_g = q^2 \cdot r_K$, следовательно $r_K = 0.1$ Ом. Величина индуктивного сопротивления катушки составляет $X_L = q \cdot r_K = 1$ Ом. Величина ёмкостного сопротивления конденсатора C_K определяется из выражения $X_C = (q + \frac{1}{1}) \cdot r_K$ И составляет $X_C = 1.01$ Ом. Соответствующий номинал ёмкости конденсатора C_K равняется 19,9 МкФ ≈ 20 МкФ. Катушка индуктивности с параметрами $[X_K = 1.0$ Ом$; r_k = 0.1$ Ом$]$ выполнена 17 витками медного провода диаметром 0,94 мм на броневом ферритовом сердечнике типе СБ 20-2.

При проведении экспериментальных исследований динамических характеристик МрП с включёнными в структуру каналов демпфирующими контурами увеличивалось напряжение источника питания до проявления предельной жёсткости при потере устойчивости. Динамическая расстройка каналов центрирования фиксировалась появлением модулированных колебаний в составе сигнала снимаемого с диагонали электрического моста резонансного LC – контура МрП, которые наблюдались на экране осциллографа. Частота модуляции характеризует собственную частоту ω_0 каналов центрирования и через зависимость $\omega_0 = \sqrt{k/m}$, при известной массе m, была пересчитана на величину предельной жёсткости k.

Результаты исследования.

1. Экспериментально подтверждена эффективность применения демпфирующих контуров в структуре МрП динамической стабилизации каналов центрирования.
2. Зафиксировано достижение предельной жёсткости центрирования МрП, представленного конструктивного исполнения, на уровне 2,4 Г/мм при массе ротора m=5 грамм. Собственная частота каналов центрирования при этом составила 250 Гц.

Литература.

1. Осокин, Ю.А., Герди В.Н., Майков К.А., Станкевич Н.Н. Теория и применение электромагнитных подвесов.-М.: Машиностроение, 1980.-284 с.