УДК 62-533.5

А.И. Гилязов; И.Ф. Мингазов

Казань, КНИТУ-КАИ

СИНТЕЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ СТАБИЛИЗАЦИИ МОРСКОГО ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРА, УПРАВЛЯЕМОГО ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИМ ГИРОСКОПОМ ПО УГЛУ МЕСТА

Аннотация: В работе рассматривается синтез и моделирование системы стабилизации морского оптико-электронного прибора, управляемого волоконно-оптическим гироскопом по углу места.

Annotation: This paper describes the synthesis and modeling of marine stabilization system of opto-electronic device, control-based fiber-optic gyroscope in elevation.

Ключевые слова: оптико-электронный прибор, волоконно-оптический гироскоп, вибрационное возмущение, система стабилизация, синтез, моделирование.

Keywords: the optoelectronic device, fiber optic gyroscope, the vibratory disturbance, the system stabilization, synthesis, simulation.

Рассматривается система стабилизации (СС) оптико – электронного прибора (ОЭП) корабельного базирования с тремя каналами наблюдения (рис.1) [1], где размещен волконно – оптический гироскоп (ВОГ), ротор моментного двигателя (МД).

Исходные данные:допустимая погрешность СС Δдоп= 2', момент инерции и масса нагрузки Jн = 0.5 кгм2, m = 20 кг, скорость движения цели= 60 град/с, амплитуда и период качки: = 15о, Т = 5 с, амплитуда и частота вибраций: Ψв = 2.5' и fВ = 10 Гц, характеристики ДУСa: диапазон измерения ±500 град/с, выходное напряжение 3 В, полоса пропускания 1кГц.

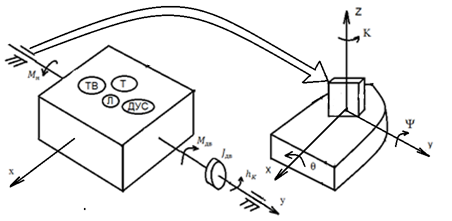


Рис.1. Функциональная схема системы стабилизации ОЭП. Обозначения: лазерный (Л), тепловизионный (Т), телевизионный (ТВ) приборы

1.Уравнения движенияплатформы совместно с МД и c учетом вибрационных возмущений, качки корабля и движения объекта наблюдения (ОН) [1].

J0(– ) – Мв = - СМi, U = Ri + L + CE ,i=(1)

(Tэp3 + p2 + 1)= U+(TЭp+1)p2- (TЭp+1)МВ,

= + - МВ,(2)

U= Wг(p)Wу(p)∆к, ∆к = вх– к, вх= + н + в. (3)

гдеWГ(р)=, WУ(p)=, WП(р)=, WK(p)=, WВ(р)=, Тм=, (JП +Jдв) = J0,

Ψ– угол качки, hk – угол поворота платформы, R-сопротивление фазы, -коэффициент противо-ЭДС, СМ-коэффициент моментов, JП-момент инерции платформы относительно вращения оси, Jдв-момент инерции двигателя, Мв - момент нагрузки, J0-момент инерции, U-управляющее напряжение.

В соответствии с уравнением (1) – (3) структурная схема CC имеет вид (рис.2).

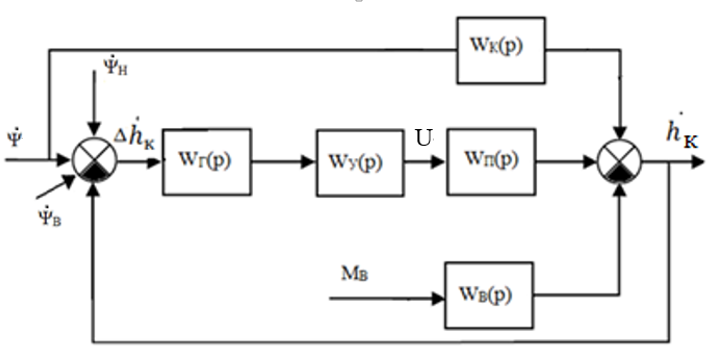


Рис. 2. Структурная схема СС ОЭП по углу места

Для выбора моментного двигателя проведен расчет максимальных моментов и мощности [2]:

Мдб = mg∆l = 20\*10\*0.001 = 0.2 Нм, Мтр=5\*10-3m=0.1 Нм,

Мнагр = Мтр + Мдб = 0.3 Нм, Мmax ≥ 2(+Jн max)=1.3667 Нм,

P = Мmax max = 1.8223 Вт.

По полученным значениям выбирается двигатель: МД 100 – 3.0 с характеристиками: сопротивление фазы R = 13 Ом, электромагнитная и электромеханическая постоянные времени TМ = 3 мс, TЭ = 0.1 мс, СЕ = 0.4 об/мин, СМ = 3 Н·м/А. Вычислим: ТМ== 0.45 c, ТЭ = = 3 мс, КМ = = 0.9, КП = = 0.21 c/рад, Tу= 10-3, Кдус= = 0.344 рад/с.

2. Передаточные функции замкнутой системы с учетом уравнений (1) - (3) и рис. 2 запишутся:

Δ = + (+)+ МВ, (4)

где W(p)= WГ(р)WУ(p)WП(р)= ,

3. Допустимый коэффициент усиления **системы** для установившегося режима на частоте качки без учета вибраций находится из условий точности (4) по формуле.

К = КГ КУ Кп ≥ = =810→ 1000,

4. Исследование устойчивости СС проводилось частотным методом [2]. Используя Mathlab построены ЛАХ и ЛФХ разомкнутых систем (рис.3): исходной (3), желаемой (4) и корректирующей (5),

Wж(р) = , (5)

, (6)

где: Т1=1 с, Т2=с, Т3= с, Тп1 = 0.447 с, Тп2 = 0.003 с,

из анализа которых следует, что исходная система не устойчива, а скорректированная СС ( желаемая ЛАФХ) устойчива (запас устойчивости по фазе - 63о , по амплитуде -7 дБ).

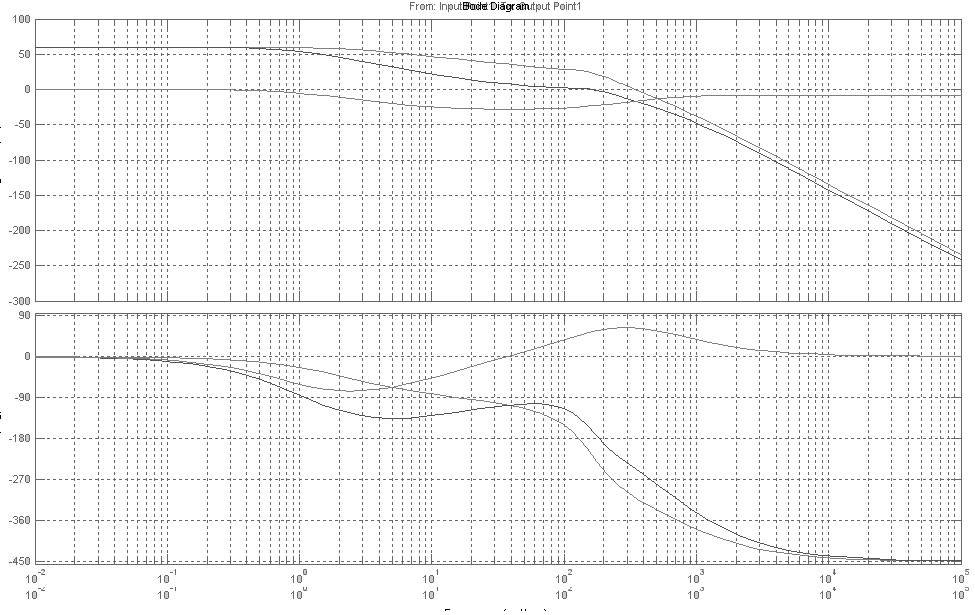


Рис 3. ЛАХ и ЛФХ разомкнутой системы (исходной системы показаны синим, желаемой - зеленым и корректирующего -

красным цветом)

5. Исследование динамики замкнутой системы

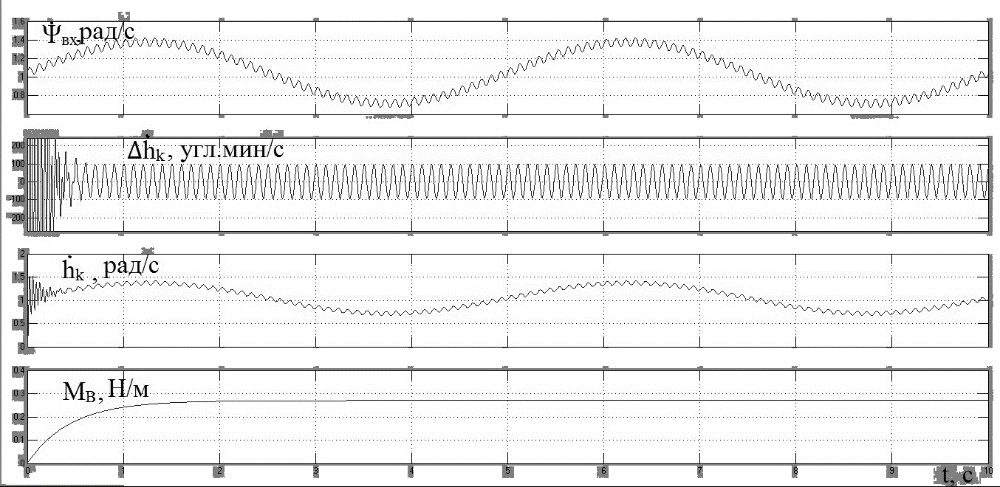
****

Рис. 4. Переходные и установившиеся процессы замкнутой

системы

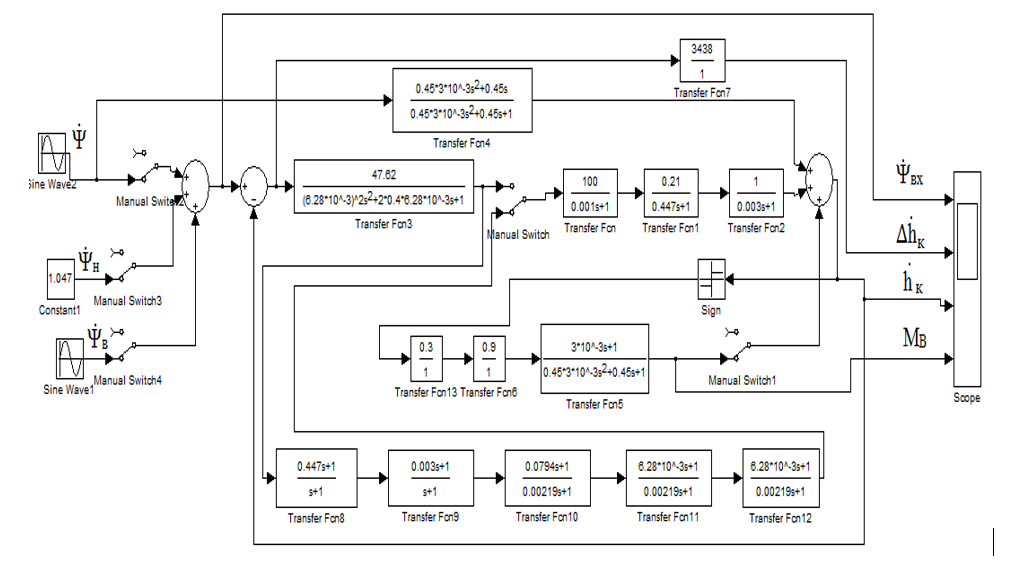


Рис. 5. Компьютерная модель СС системы

Результаты моделирования: При исследовании компьютерной модели СС ОЭП получены следующие динамические характеристики: время переходного процесса tp = 0.3 с, ∆к = 100'/с (∆ =2.6'/с→ =2.07', ∆в= 93.7'/с,→=1.6', ∆н= 3.7'/с).

Литература

1. Карпов А.И., Кренев В.А. Стабилизация изображения бортового ОЭП на базе волоконно -оптических гироскопов. Материалы конференции ПРЭФЖС-2017. Казань 2017.

2. Бабаев А.А. Стабилизация оптических приборов, Л. Маш.1975.–192 с.

3. Воронов А. А., Основы теории автоматического управления, Москва: Энергия, 1980. – 312 с.

4. Пешехонов В.Г., Гунтер И.Е., Зинченко В.М. и др. Перископный комплекс «Парус-98». Гироскопия и навигация - №1 (48). 2005. с.5-15.