

Электрические машины гироскопических систем

Гиродвигатель, моментный двигатель,
датчик угла

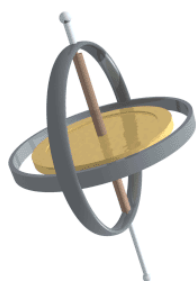


Гироскопы

Гироскоп

Механический гироскоп

- » быстро вращающийся маховик
- » сохраняет направление оси вращения при отсутствии воздействий (свободный гироскоп)
- » реагирует на изменение углов ориентации опоры
- » качество гироскопа – кинетический момент $H = J\Omega$



Прецессия

При воздействии момента внешней силы M вокруг оси, перпендикулярной оси вращения ротора, гироскоп начинает поворачиваться вокруг оси прецессии, которая перпендикулярна моменту внешних сил

Угловая скорость прецессии $\omega = M/H$

Гироскоп

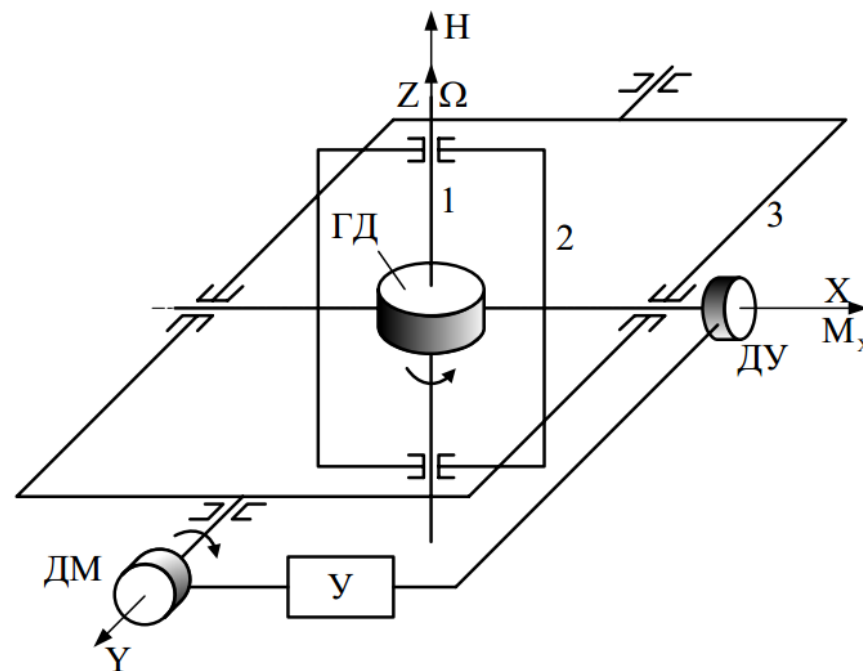
Гироскоп в карданном подвесе
(свободный гироскоп)

- » ГД быстро вращается
- » имеет 3 степени свободы
- » для снятия информации используют Датчик Угла и Датчик Момент

Применение: гирокомпас, система Курсо-Вертикаль

Другие гироскопы:

- » Микроэлектромеханические
- » Оптические (лазерные)
- » ...



Гиродвигатель

Гиродвигатель

Двигатель-маховик

- » Асинхронные ГД
- » гистерезисные синхронные ГД

Цель – наибольший кинетический момент (т.к. $H = J\Omega$)

- » обращенная конструкция (ротор снаружи)
- » большая Ω
- » стабильность массы и скорости

Качество ГД - коэффициент добротности $= H / m$

Особенность ГД – работа на ХХ

При этом момент сопротивления $M_c = M_d + M_T$

- » M_d – динамический момент (при разгоне ротора)

- » M_T – момент трения (подшипники, воздух)

В установившемся режиме есть только M_T

$$M_d = J \frac{d\Omega}{dt}$$

Условная полезная мощность

$$P_R = P_2 = M_c \Omega$$

КПД гиродвигателя

$$\eta = P_R / P_S$$

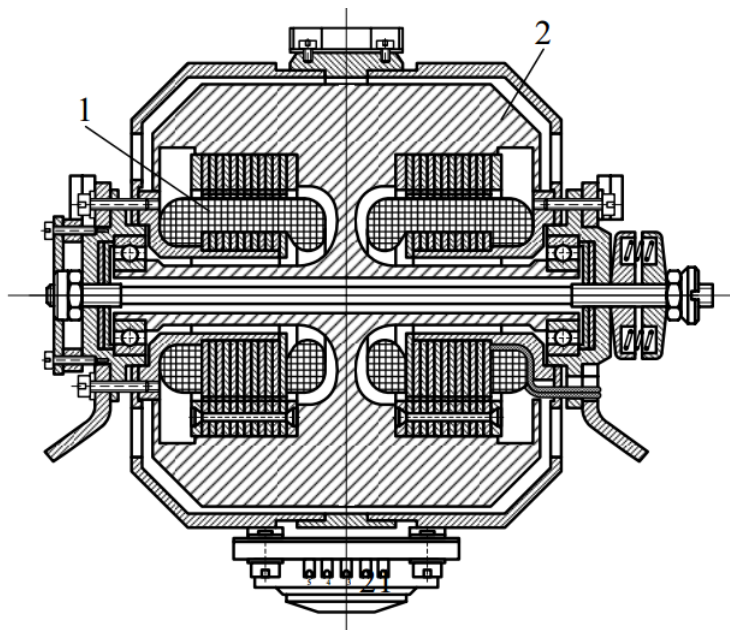
Обычно КПД – 0,2...0,8

$$\cos \varphi = 0,4...0,8$$

Гиродвигатель

Асинхронный ГД

3-фазный АД с внешним ротором



Двухстаторный асинхронный ГД

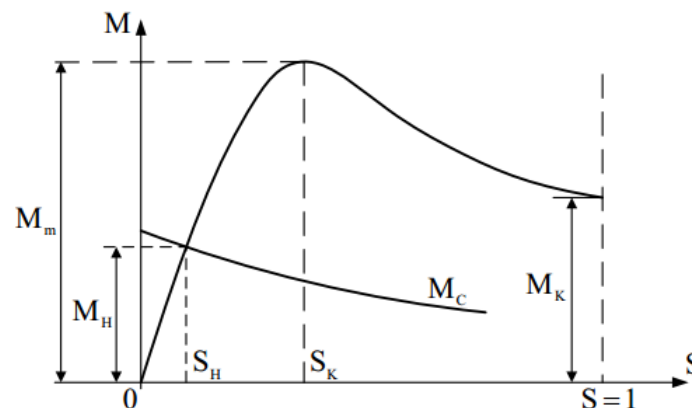
Основной недостаток –
большое время разбега

В авиации обычно применяют

» $U_1 = 36 \dots 40 \text{ В}$

» $f_1 = 400, 500, 1000 \dots \text{Гц}$

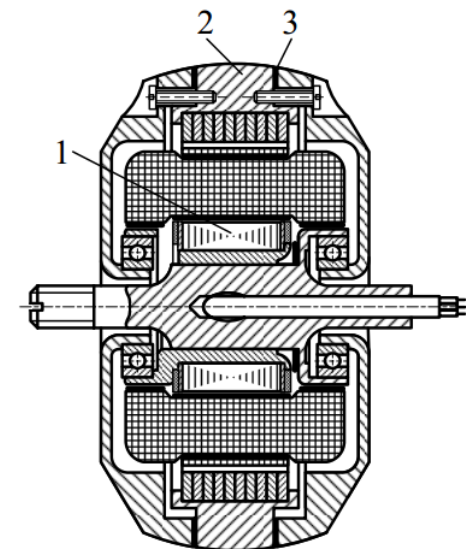
тогда $n = 20\,000 \dots 60\,000 \text{ об/мин}$



$$k_m = \frac{M_m}{M_H} = 2 \dots 5 \quad k_H = \frac{M_k}{M_H} = 1,5 \dots 2$$

$$s_k = 0,2 \dots 0,4 \quad s_H = 0,015 \dots 0,12$$

Гистерезисный синхронный ГД



- » простота пуска
- » постоянная Ω
(стабильность характеристик)
- » низкие КПД и $\cos\varphi$

Моментный двигатель

Моментный двигатель

МД – источник корректирующего момента для удержания оси гироскопа в заданной плоскости (компенсация вращения Земли, перемещения ЛА, вредных моментов)

- » Ротор неподвижен или n мала (режим КЗ)
- » Выходная величина – ЭМ момент

МД – встраиваемая ЭМ без вала и подшипников

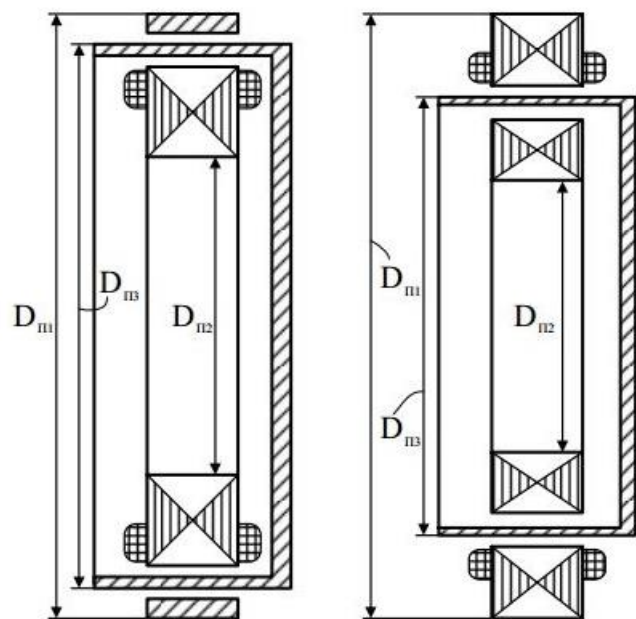
- » ротор – на оси подвеса гироскопа
- » статор – на подшипниковом щите этой оси

Требования к МД

- » возможность реверса
- » сохранение величины момента при реверсе
- » большой удельный момент
- » малая мощность управления
- » отсутствие остаточного момента
- » линейность характеристик $M = f(U)$
- » отсутствие момента трения
- » минимальная масса и габариты
- » стабильность характеристик

Моментный двигатель

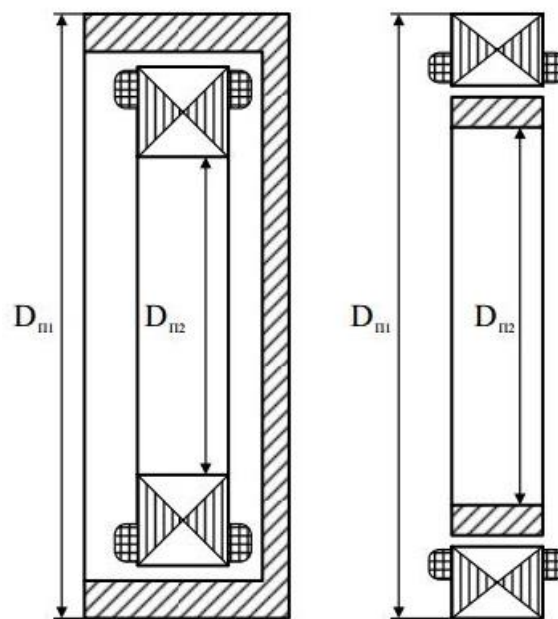
Асинхронный моментный двигатель



- » 2-фазный АД с полым немагнитным ротором

Для силовой стабилизации КА с большими моментами применяют

- » 3-фазный АД с КЗ ротором



- » 2-фазный АД с полым ферромагнитным ротором

Фактически это исполнительный АД в режиме КЗ

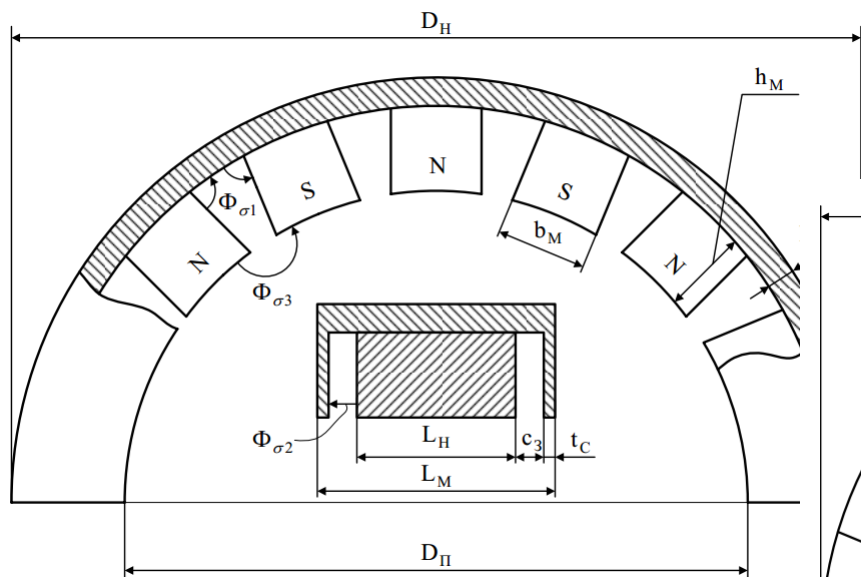
- » независимость момента от положения ротора
- » линейность характеристики $M = f(U_y)$

Моментный двигатель

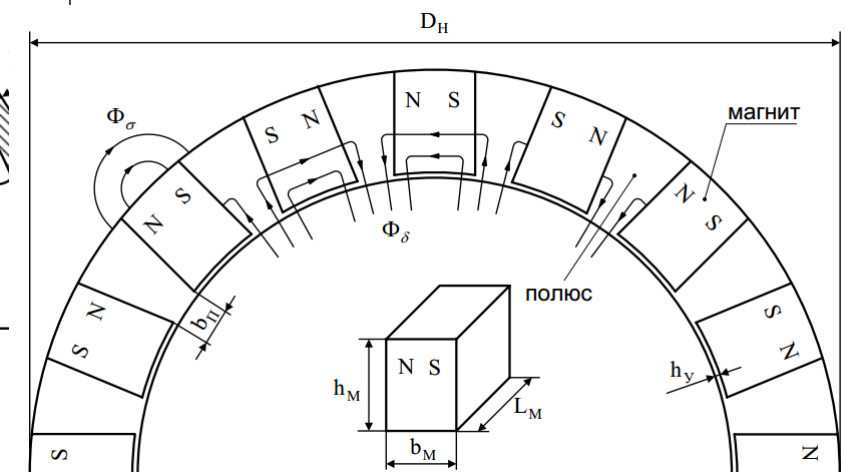
Моментный двигатель постоянного тока

(лучше степень использования, выше удельный момент)

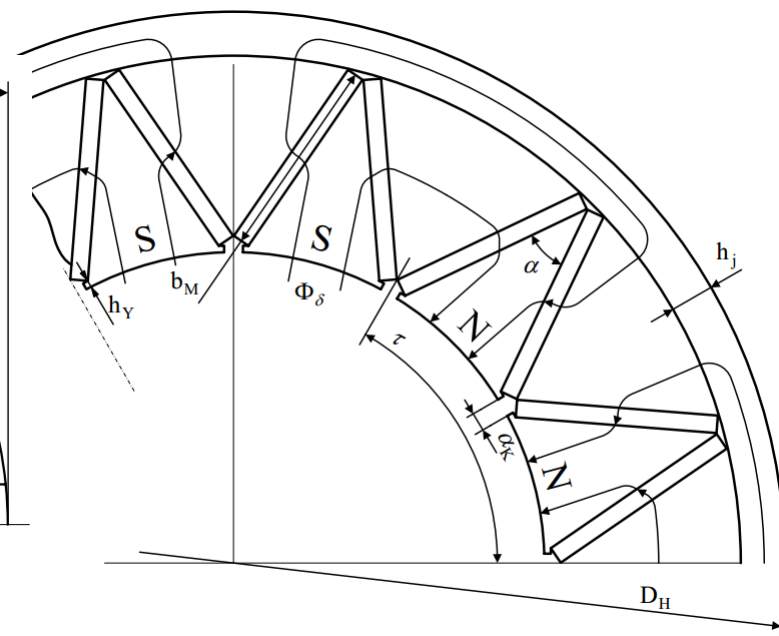
- » Коллекторные с ПМ
- » Вентильные с ПМ
- » с неограниченным углом поворота
- » с ограниченным углом поворота



ПМ радиальные



ПМ тангенциальные



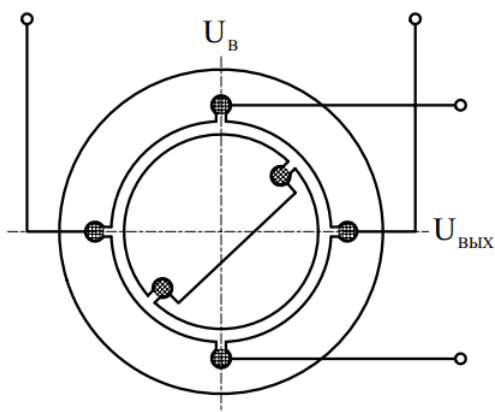
ПМ радиально-тангенциальные

Датчики угла

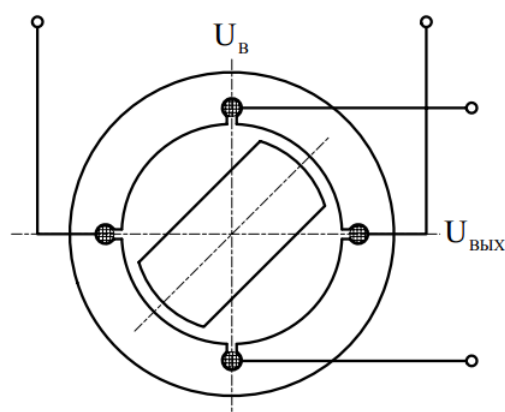
Датчики угла

Основные требования

- » линейность, крутизна, стабильность выходной характеристики $U = f(\alpha)$
- » высокая чувствительность
- » минимальный момент сопротивления
- » минимальное остаточное напряжение



Датчик с КЗ витком



Датчик с
явнополюсным ротором

На статоре - перпендикулярные обмотки:
Обмотка возбуждения и выходная обмотка

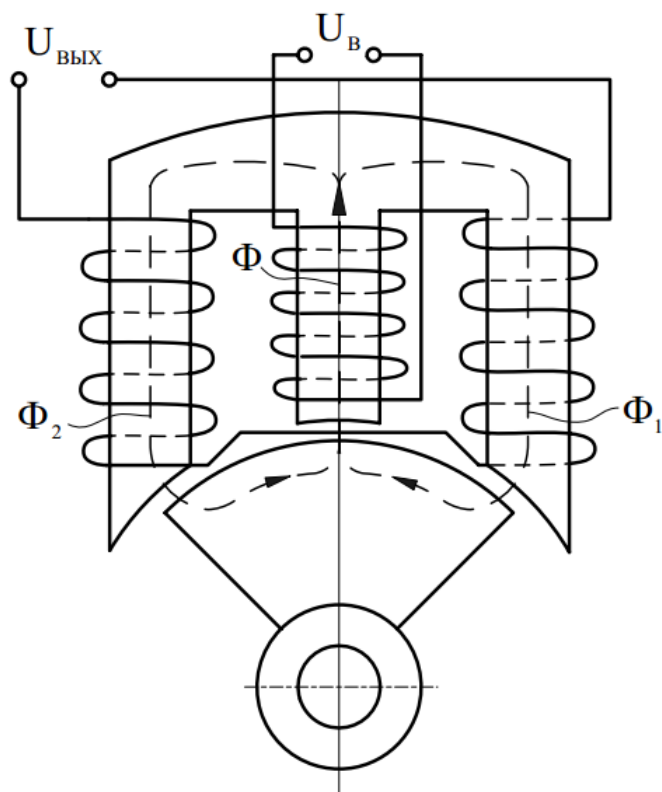
$$U_{\text{вых}} = 0 \text{ при } \alpha = 0^\circ \text{ и } \alpha = 90^\circ$$

$$U_{\text{вых}} = \text{max при } \alpha = 45^\circ$$

Недостаток – момент на роторе

Датчики угла

Трехстержневой дифференциально-трансформаторный датчик угла
(на углы до $7...10^\circ$)



Обмотка возбуждения $\rightarrow \Phi$
Выходная обмотка $\rightarrow E_1(\Phi_1) - E_2(\Phi_2)$

В среднем положении ($\alpha = 0$)

» $\Phi_1 = \Phi_2$ и $U_{\text{ВЫХ}} = E_1 - E_2 = 0$

При отклонении на $\Delta\alpha$

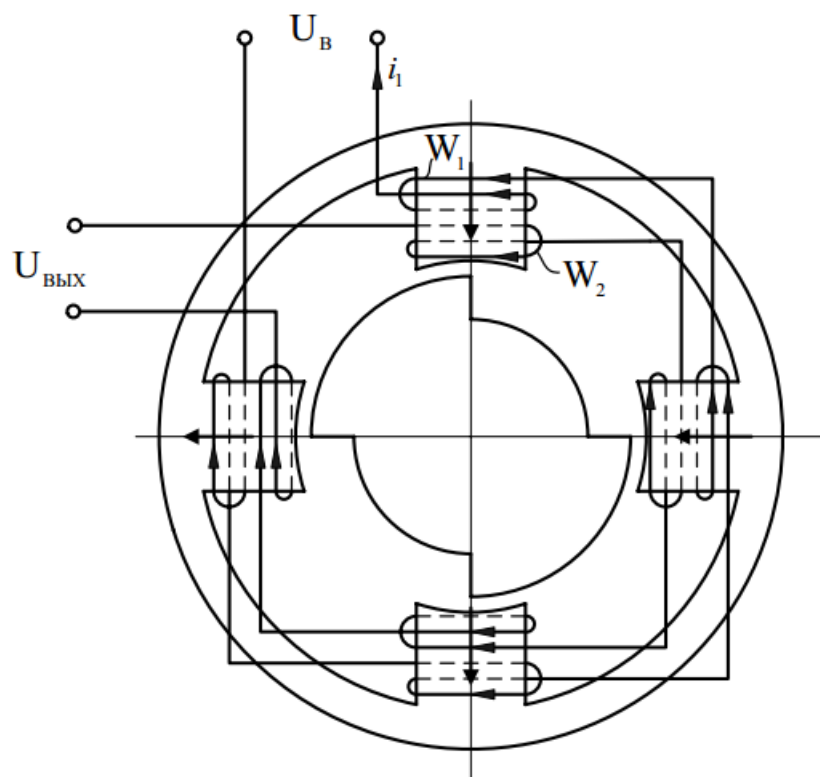
» $\Phi_1 = \Phi + \Delta\Phi$, $\Phi_2 = \Phi - \Delta\Phi$ и $U_{\text{ВЫХ}}$ пропорционально $2\Delta\Phi$

» Высокая чувствительность датчика

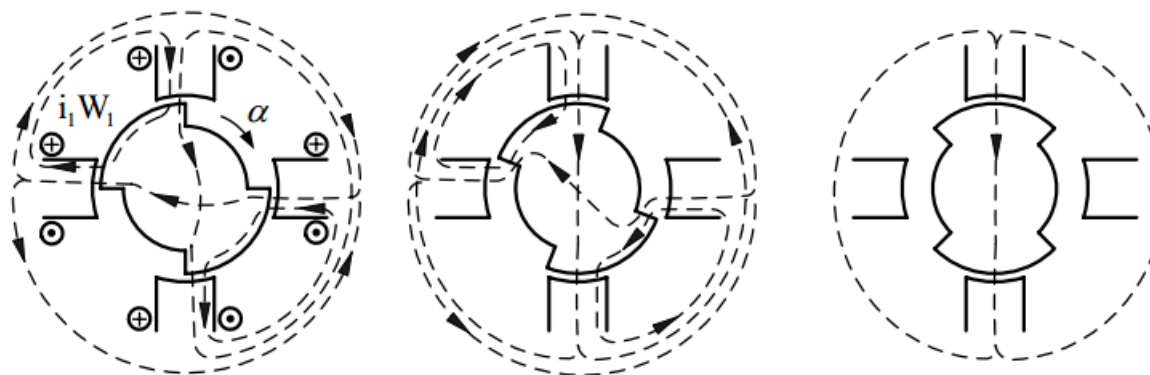
» Ограниченный диапазон углов

Датчики угла

Индукционный датчик – микросин



- » На 4 полюсах статора катушки W_1 и W_2
- » ОВ: последовательное согласное соединение W_1
- » Выходная обмотка: последовательное встречное соединение W_2
- » Ротор 2-полюсный
- » Сердечники шихтованные



Перераспределение потоков при повороте ротора
→ изменение Ψ_2 с изменением $\alpha \rightarrow U_{\text{вых}} = f(\alpha)$

Далее

Экзамен



Ширинский С.В.

каф. ЭМЭЭА, НИУ «МЭИ»



ShirinskiiSV@mpei.ru



<https://e-200.ru/EMAU/>