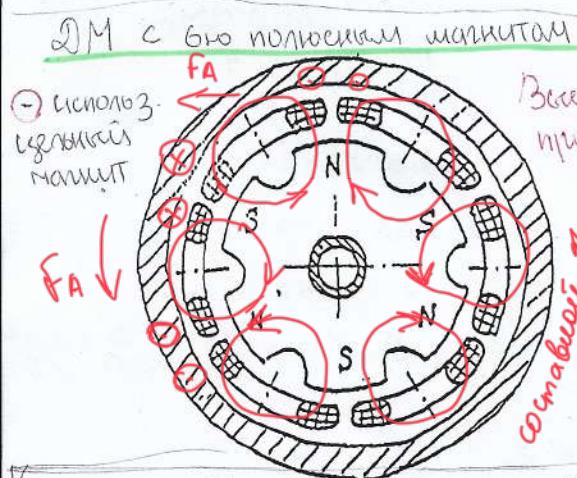
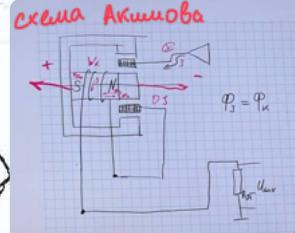
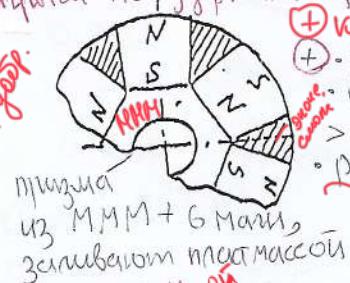


+ бронзе конструкция
• можно заменять 1 МН на несколько магнитов.



Всегда один по моменту
тишуками по, удержанию равновесия

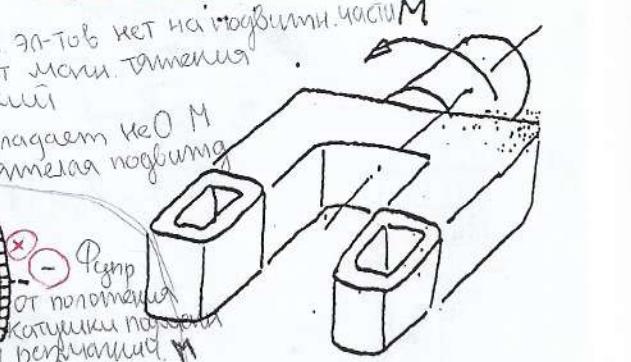
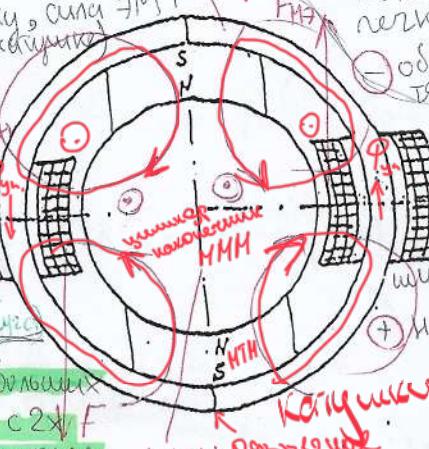


+ короткие подвижные части.

+ разборочный
имеет 6 полюсов \rightarrow катушка \rightarrow рабочая часть
 \Rightarrow ЛЧ $<$ \Rightarrow 2 рабочих зазора
+ разбивает большой момент

ДМ с подвижной катушкой

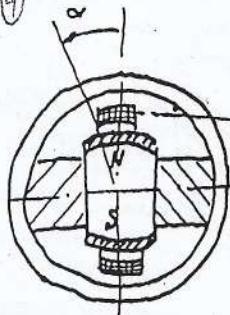
Катушка с током притягивает штифты, сила F_M



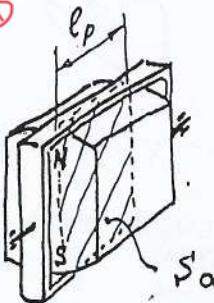
Если сделать катушку и магнитопровод
а подвижна магнит, то
тизер будет грубым

Артико.

Изменение напряжения МММ в зазоре. Амплитуда магнитодатчиков машины (самоиндукция) пропорциональна квадрату тока



1. движение сина током
2. движение сина током



кол-во витков

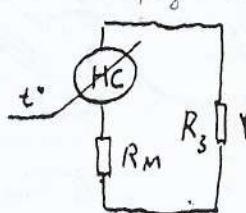
длина катушки
средн. в катушке

термоэлектрический

ток катушки
заряд. датчик. НП не может

зарядить

$$M = B \cdot J \cdot w \cdot 2 \cdot z_p \cdot l_p = B \cdot J \cdot w \cdot S_a; B = B(\alpha; J; t; t^*) \quad ①$$



$$B = \frac{\Phi}{S_3} = \frac{H_C \cdot (1 - \beta \cdot \Delta t)}{S_3 \cdot (R_M + R_3)} =$$

$$= B_0 \cdot (1 - \beta \cdot \Delta t)$$

температ. коф. индукции

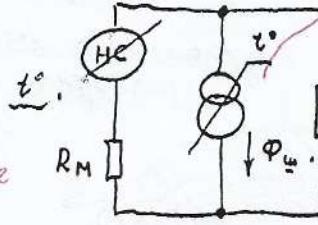
$$\beta \sim 0,02 \dots 0,2 \%$$

изменение

генератор МП

$$t_1 < t_2 < t_3$$

изменение



основной
B_0 \cdot t^*
тормоза ступени

1. Материал (имеет свойство неадиаб.)

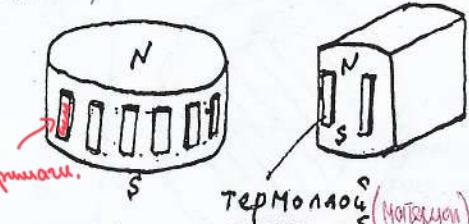
2. I (размагничив и намагн. Ф.)

затем обратную сторону

3. t ↑
двигут. до начального
также момент уходит
стабилизация

1. Термощунты, В зависит от t^* (t^*, B↑)

(из МММ) (~30-40 мк) они потреб. I машины



Число МП через зазор и через шунты проходит через шунты МП
составляют их в начальное. Они поддерживая МП в зазоре = const
или ↑ t^* + делают перекомпенсацию

$$HC = HC_0 \cdot (1 - \beta \cdot \Delta t); \quad \Phi_{sh} = B_{sh} \cdot n \cdot S_{sh} \cdot (1 - \beta_{sh} \cdot \Delta t)$$

$$HC = (\Phi + \Phi_{sh}) R_M + \Phi R_3;$$

$$\Phi = \frac{HC - \Phi_{sh} \cdot R_M}{R_M + R_3};$$

сопротивл. зазора

$$B = \frac{HC_0 \cdot (1 - \beta \cdot \Delta t) - B_{sh} \cdot n \cdot R_M \cdot S_{sh} \cdot (1 - \beta_{sh} \cdot \Delta t)}{(R_M + R_3) \cdot S_3} = B_0 \left\{ \left[1 - \frac{B_{sh} \cdot n \cdot R_M \cdot S_{sh}}{B_0 \cdot (R_M + R_3) \cdot S_3} \right] - \left[\beta - \beta_{sh} \cdot \frac{B_{sh} \cdot n \cdot R_M \cdot S_{sh}}{B_0 \cdot (R_M + R_3) \cdot S_3} \right] \Delta t \right\}.$$

Начиная с t^* становятся >, I_{gM} <. Резистор DM из медных обмоток ↑ R. При прохождении тока, ЦАБ ↓, появляется I_{sh} при ↑ t^* обмотки. Ток ≤ с I_{sh}

$$B = B_0' (1 + \gamma_1 \cdot \Delta t)$$

чтобы подобрать R, чтобы I_{sh} не зависел t^*

$\gamma_1 < 0$ - недокомпенсация

$\gamma_1 = 0$ - полная компенсация

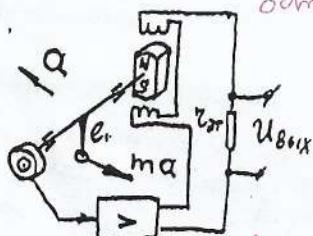
$\gamma_1 > 0$ - перекомпенсация

чтобы убрать, портить юбки,

или стоит синхронизировать R: R = R_0

изменяется значение от тока \rightarrow неравенство.

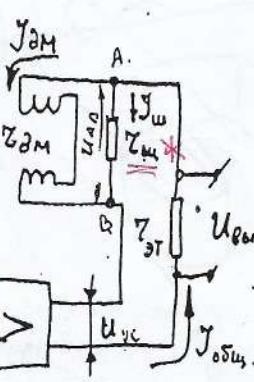
$$\gamma_1 > 0$$



$$U_{sh} = B \cdot w \cdot S_a \cdot I_{gM}; \quad U_{sh} = I_{gM} \cdot Z_{sh} = \frac{m \cdot l \cdot a \cdot Z_{sh}}{B_0' (1 + \gamma_1 \cdot \Delta t) \cdot w \cdot S_a}$$

изменение

затем сок сок уменьшить



$$U_{sh} = I_{gM} \cdot Z_{sh} \cdot (1 + \gamma_{sh} \cdot \Delta t)$$

$$I_{sh} = \frac{U_{sh}}{Z_{sh}}, \quad I_{sh} = I_{gM} + I_{sh} =$$

$$= I_{gM} \left(1 + \frac{Z_{sh}}{Z_{sh}} \right) \left[1 + \frac{Z_{sh}}{1 + Z_{sh}} \cdot \gamma_{sh} \cdot \Delta t \right] = \frac{m \cdot l \cdot a \cdot (1 + \frac{Z_{sh}}{Z_{sh}})}{B_0' (1 + \gamma_1 \cdot \Delta t) \cdot w \cdot S_a} \cdot (1 + \gamma_2 \cdot \Delta t).$$

$$\gamma_1 = \gamma_2$$

$$U_{sh} = I_{gM} \cdot Z_{sh} = \frac{m \cdot l \cdot a \cdot Z_{sh}}{B_0' \cdot w \cdot S_a} \cdot (1 + \frac{Z_{sh}}{Z_{sh}})$$

$$\frac{Z_{sh}}{1 + Z_{sh}} \cdot 0,004 = 2 \cdot 10^{-4}$$

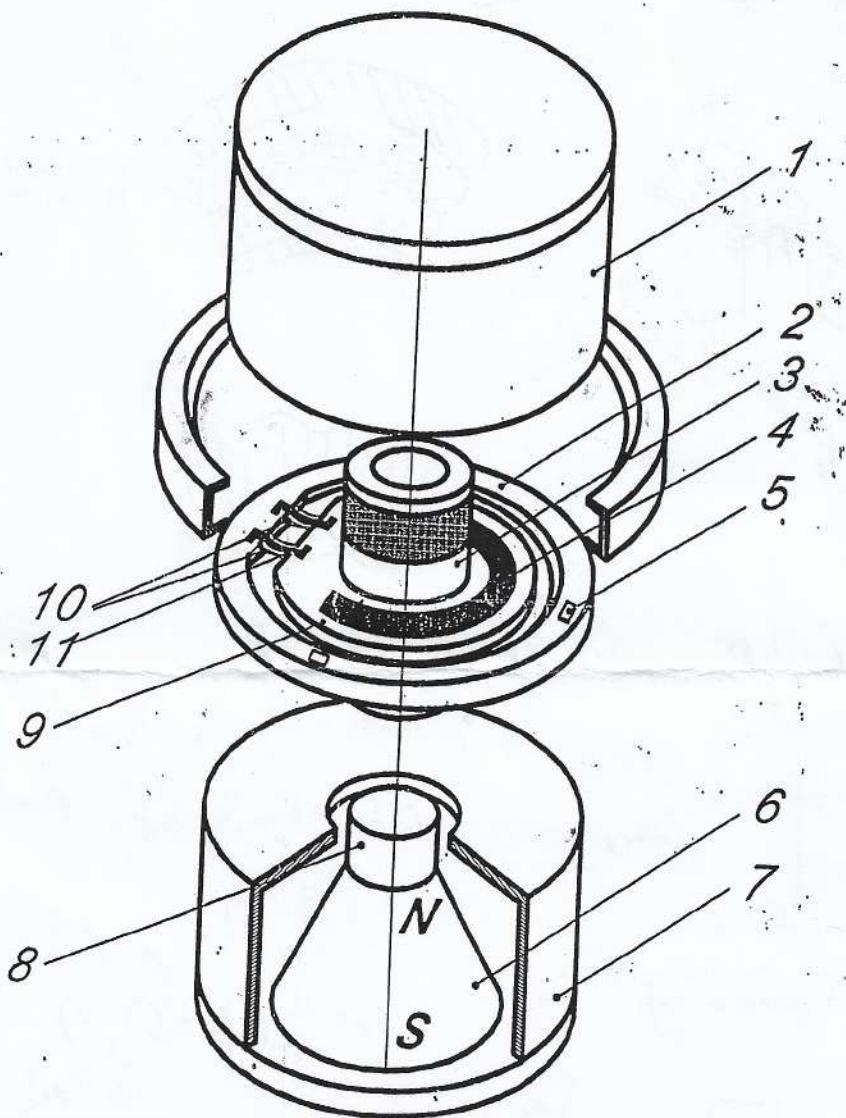
$$\rightarrow Z_{sh} \sim 20 Z_{gM}$$

макс. сопр. юбки

сопр. медной юбки. t^*, K_m ↑, I_{gM} ↑

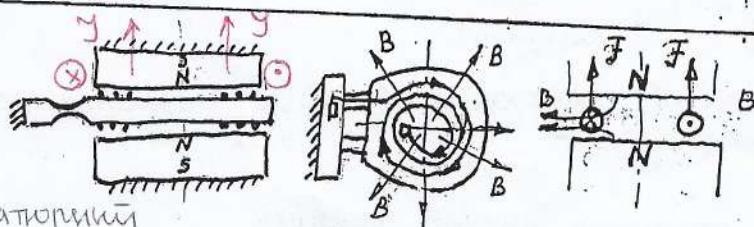
Если нет Ри, то для равенства $t_1, B_1 \Rightarrow$ так где равенство будет
меньший $\Rightarrow Y_1$,
но! С R_i Y_1 увеличивается, чтобы \Rightarrow равенство
создано симбоз

Дифференциальный плунжерный МЭД
акселерометра "Q-flax"



- 1, 7 - Корпус плунжерного момента датчика
- 2 - Опорное кольцо
- 3 - Катушка момента датчика
- 4 - Подвижный электрод емкостного датчика
- 5 - Установочные пластины

- 6 - Магнит
- 7 - Крышка
- 8 - Полосный наконечник
- 9 - Подвижная пластина
- 10 - Токоподвод
- 11 - Упругая балка



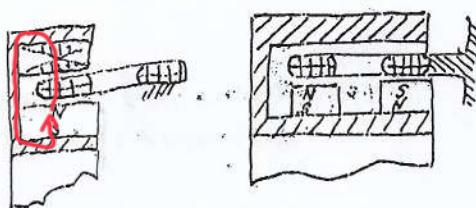
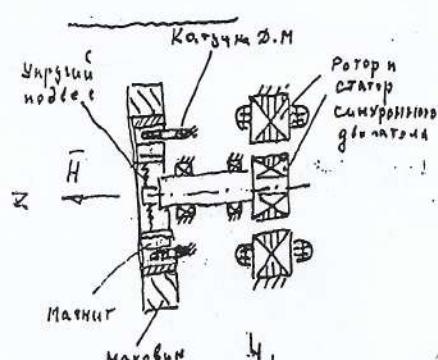
МЭД со стесненным
магнитным полем

+ миниатюрный
магнитопровод силикон

— большая избыточная часть
управлять 2 момента

ДМ ДМГ

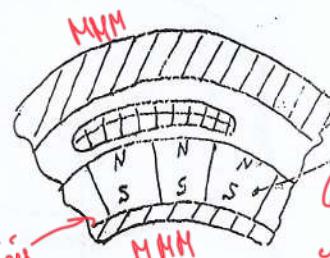
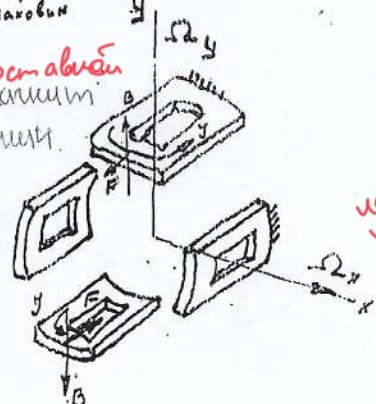
- ДМ, который обеспечивает 2 момента
- катушки строят под 90° (иначе момент не только отвечает вертикальной оси, но и проекции горизонтальной оси)



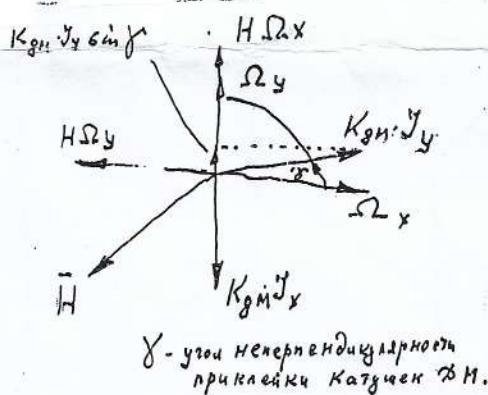
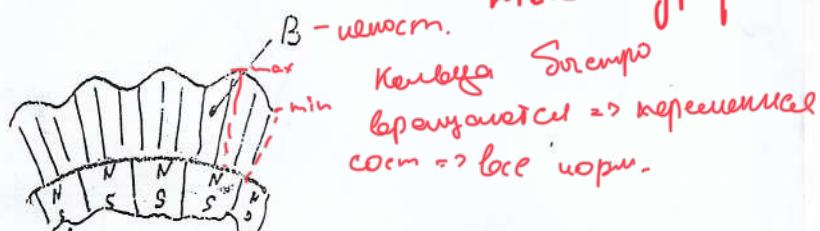
Число колец магнита
с радиальной намагниткой

\rightarrow SmCo₅ (имеет
намагнитить)

в центре.



сердечники
магнитов из SmCo₅
бесщипковое
моментное
магнито. паралл. исп. др.
имеет
стабильность



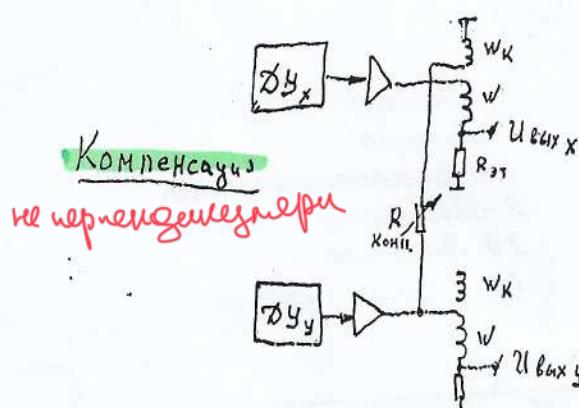
$$H\Omega_x = K_{gm} (J_x - J_y \sin \gamma)$$

$$H\Omega_y = K_{gm} J_y \cos \gamma$$

$$J_y = \frac{H}{K_{gm}} \Omega_y$$

$$J_x = \frac{H}{K_{gm}} (\Omega_x + \frac{\Omega_y \gamma}{\sin \gamma})$$

ДМГ числом для
измерения J_x и J_y



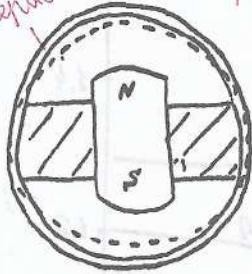
Чтобы избежать это не может обеспечить точное измерение J_x .
Как бороться? Включая ДМ с фазой обмотки, будет создаваться компенсация $K_{g\cdot J_y \sin \gamma}$.
Берем сигнал управления, который содержит J_y , заводим ток в катушку, которая создает момент.

Ток, заводим через R , которое поддерживаем пока не выйдет из номинала сигнала y (но оси X)

Эта обмотка служит для устранения влияния катушек

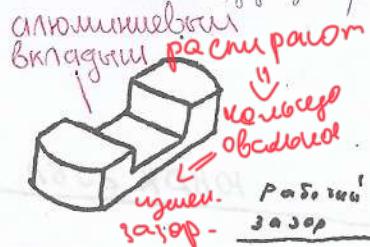
2. Изменение зазора

нормализ (коэффиц)



При $\uparrow t^\circ \Phi \downarrow$, но Т.К. сам зазор \downarrow , то

$B = \text{const}$ (восстановливает значение индукции)



При нагревании вкладыши расширяются \rightarrow колышко сжимается в верт.

инвар

постоянство

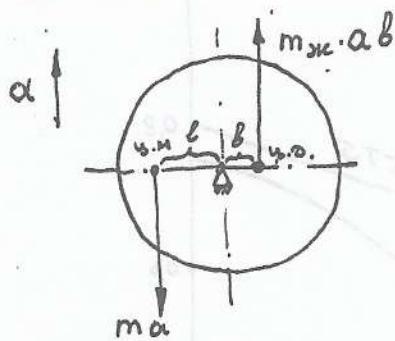
(инварийский темпер. коэф.) \rightarrow предупреждается посадка (1)

много считать

1) тонкие детали
перекал неисправ.



3. Сменение центра давления



$$m_{xc} = m_{mo} (1 - d_{xc} \cdot \Delta t^\circ)$$

масса жидкости

Сдвигущеее компенсирует
изменение индукции.

$$M = m l a + m_{xc} (1 - d_{xc} \cdot \Delta t^\circ) b a = (m l + m_{xc} b) \cdot a [1 - \frac{m_{xc} b}{m l + m_{xc} b}] = K_{gm} \cdot (1 - \beta \cdot \Delta t^\circ) g_m.$$

момент
шарнир

$$\cdot d_{xc} \Delta t^\circ] = K_{gm} \cdot (1 - \beta \cdot \Delta t^\circ) g_m.$$

нагрузка момента
изменяя при току

$$\beta = \frac{m_{xc} b}{m l + m_{xc} b} \quad d_{xc} \approx \frac{b}{l+b} d_{xc}; \quad g_m = \frac{m l + m_{xc} b}{K_{gm}} a$$

(m \approx M_{mo})

(не зависит от t°)

$$\beta \approx 0,02 \frac{\%}{\text{град}}; \quad d_{xc} \approx 0,1 \frac{\%}{\text{град}}; \quad b \approx 0,2 l, \quad m = M_{mo} - \text{делают специальную
таблицу не меняется и не
току}$$

$g_{номиналь} = g_m$

$g_{номиналь} = g_m$

перекос $n \Rightarrow$ шайбы.

Расчет магнитной индукции

Анализ:

$$\text{ток} \rightarrow \Phi [\text{ВБ}]$$

$$\text{плотность ток} \rightarrow B [\text{T}_A]$$

плотность

$$\text{электр. сопротив} \rightarrow R_M [\Omega]$$

сопротив

$$\text{электр. провод} \rightarrow G [\Omega]$$

проводимость

$$\text{индукция} \rightarrow \mu [\text{Гн}]\text{Гнадимо}$$

$$\text{ЭДС} \rightarrow \mathcal{E} [V]$$

индук.

$$H_o [A]$$

индукция магнита

$$\text{напряжение} \rightarrow U = I \cdot R$$

коротк. сила

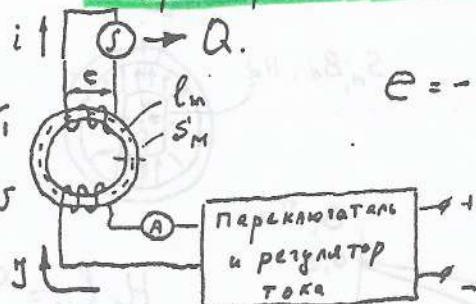
$$\Phi R_M [A]$$

индукция проводника

$$H_p = \frac{U \cdot \omega}{R_M}$$

коэф. индукции

Характеристики магнитных якорей материалов.

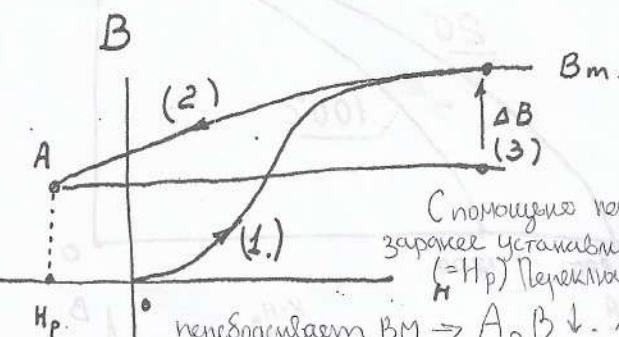


$$e = - \frac{d\psi}{dt} = - \omega_i \frac{d\phi}{dt} = \omega_i S_m \frac{dB}{dt}$$

изменение потока, магн. индукция

$$Q = K_i \int e dt = K \cdot \Delta B$$

источник



С помощью переключателя
заранее устанавливается значение I
 $(= H_p)$ Переключатель

передвигаем $B_m \rightarrow A, B \downarrow$. \rightarrow В приводят
к извлечению потока, который в моменте

2) меняет в наименьшее, переключатель
переставляется для другого переключения.
Тогда, в результате будет различаться

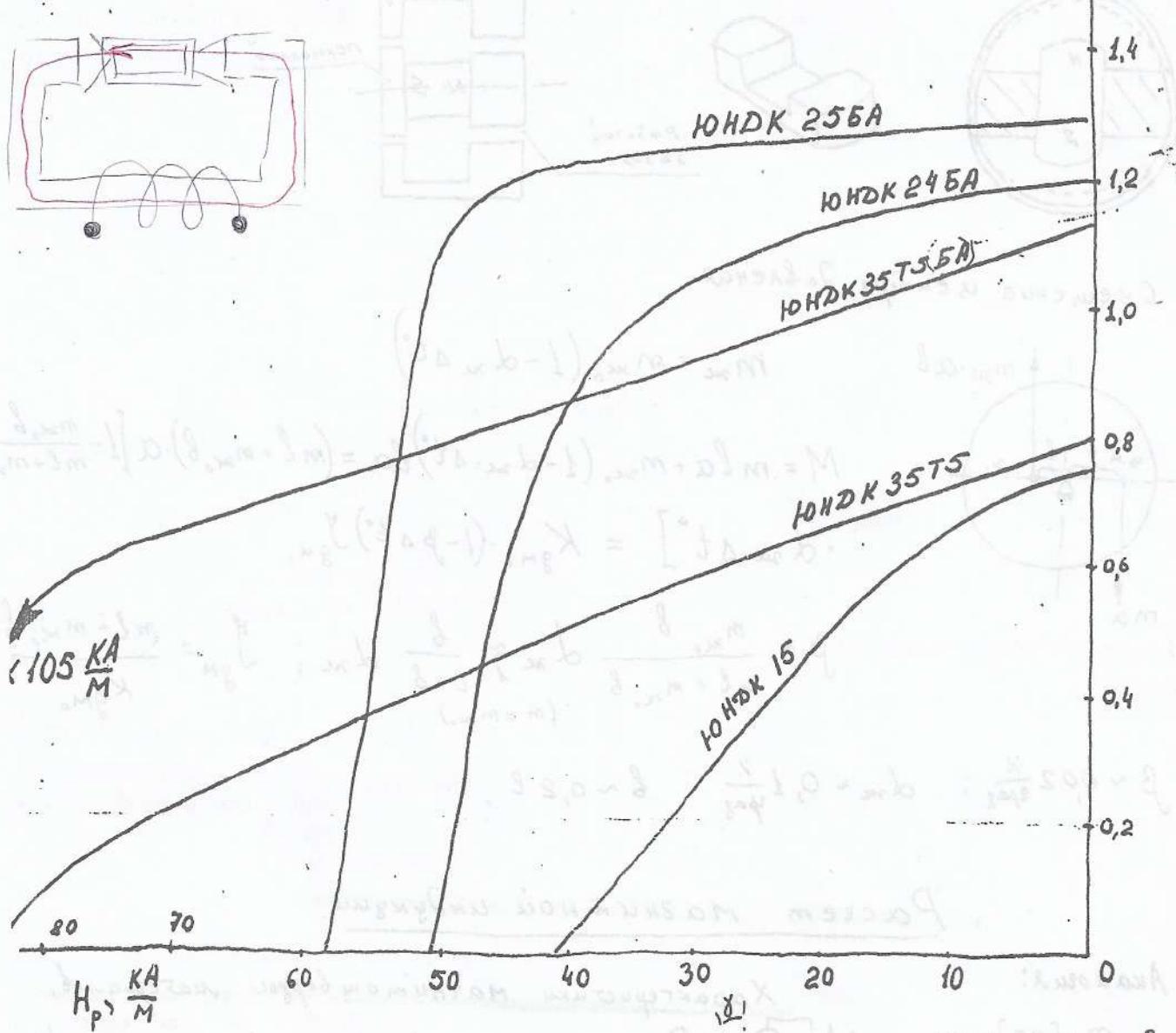
1) В первичной обмотке формир. I. Вычленяя установлив
ток, который создает большое М.Н., держит
до исключения.

$$H_p = \frac{U \cdot \omega}{R_M}$$

2) меняет в наименьшее, переключатель
переставляется для другого переключения.
Тогда, в результате будет различаться

Метод намагничивания магнита:

① намагничивание в арматуре - магнит вставляют в магнитопровод, весь корпус с магнитом устанавливают между полюсами электромагнита B, T_A

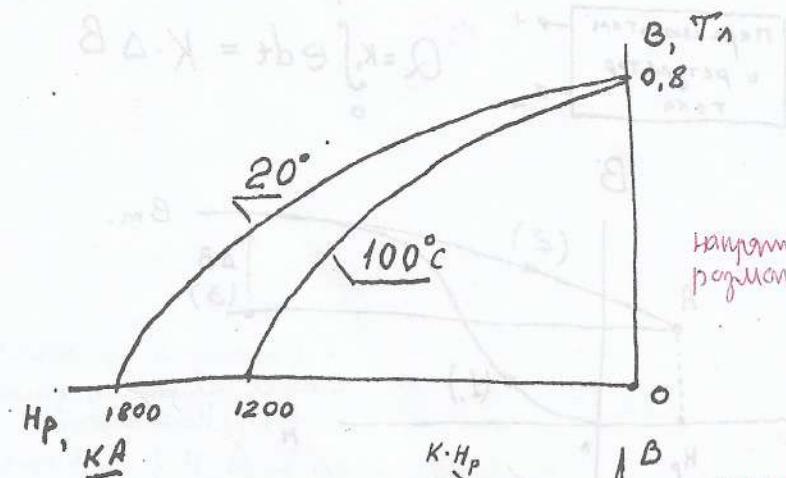


Δк - ширина катушки

β - угол отклонения катушки от ср. положения

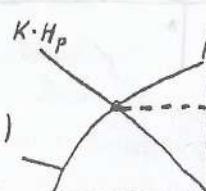
$SmCo5$

Служай
намагничивания
в арматуре.



β_{13} - полная магнитопровод. $B(H_p)$

β_0 - начальное привед. 100% загород.



$$B_J(H_p) = \frac{l_m}{S_m \cdot R_8} H_p = K H_p; [K] = \frac{R_h}{M} = \frac{T_A}{A_m}$$

индукция в зазоре
индукция в теле магнита

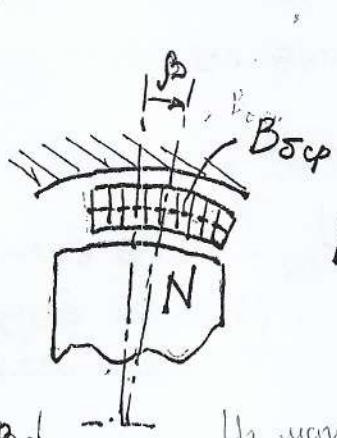
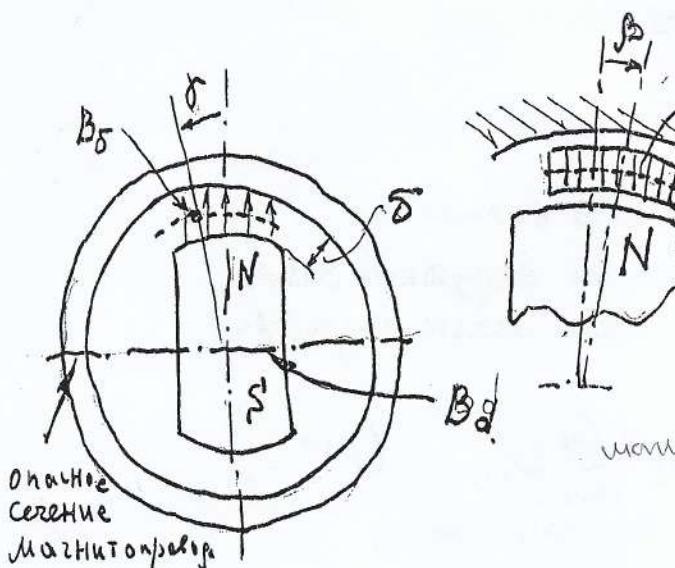
$$B_S = \frac{B_d \cos \delta}{(1 + \delta D_m) \cdot K_p}; B_{\delta p} = B_S \frac{2 \sin \frac{\theta_x}{2}}{\theta_x} \cdot \cos \beta$$

ср. индукция, привед. к
середине катушки

$$K_{pp} = \frac{G_6}{C_0}$$

Метод воздушных нүүрэй магнит потока.

1) определяем распределение магнитного потока в магнитопроводе

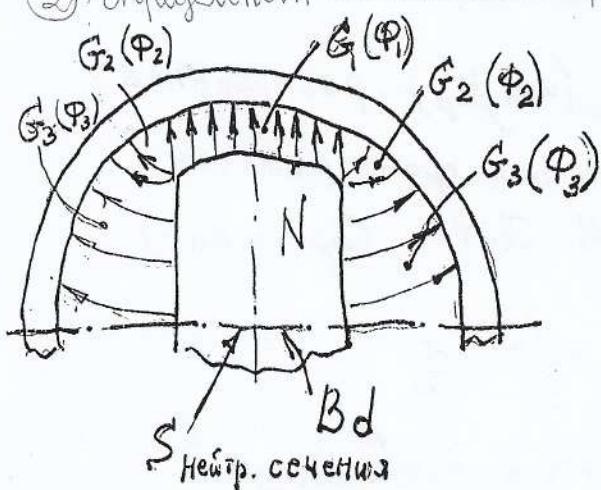


$$B_{\delta\phi, \text{расч}} = 0,9 B_{\delta\phi}$$

размагничивание 10%

Из магнитного материала выбегает магнитный поток.

2) определяем магнитные приводимые потоки участка. Рассмотрим $\delta \approx 6$ mm

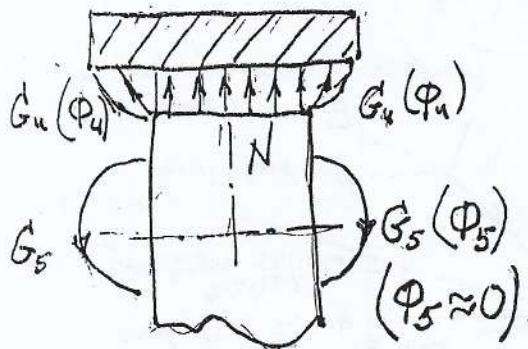


$$B_d = \frac{\Phi_1 + 2\Phi_2 + 2\Phi_3 + 2\Phi_4}{S_{\text{нейтр. сечение}}}$$

$$B_\delta = \frac{\Phi}{S_{\text{средн. серед. зазора}}}$$

$$K_{\text{расч}} = \frac{\Phi_1 + 2\Phi_2 + 2\Phi_3 + 2\Phi_4}{\Phi_1}$$

Считают эти трубки независимыми и рассчитывают потоки



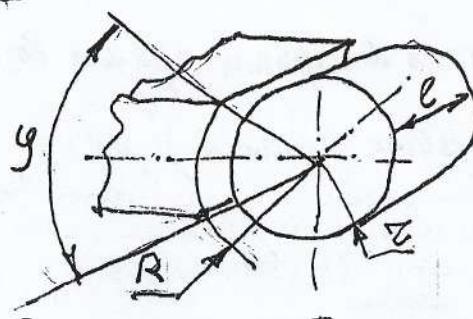
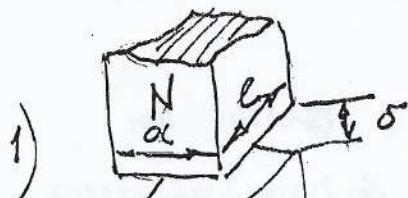
$$K_{\text{расч}} = \frac{l_m}{S_m \cdot R_B} = \frac{l_m}{S_m} G_B$$

Метод возможных нүүрэй потока

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{N_A}{M}$$

$$G_M = M_0 \cdot \left[\frac{\alpha l}{\ln \frac{R}{\delta}} + 0,52 \left(1 + \frac{\alpha}{e} \right) l + 0,3088 \right]$$

$$G_M \approx M_0 \frac{\alpha l}{\delta} \quad (\text{если } \frac{\delta}{\alpha} < 0,04 \text{ то ошибка } 10\%)$$

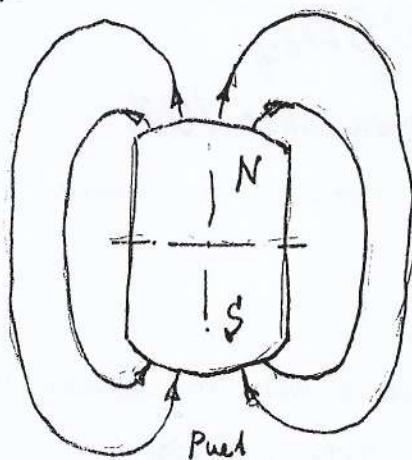


$$G_M = M_0 l \frac{\varphi}{\ln \frac{R}{\delta}}$$

Как разобрать магнитную систему после размагничивания? Можно заложить магнитные поле (или магниты). Кольца приближаются к торцу магнита, МИЗ защищается через техническую напаску.

Случай намагничивания магнита без арматуры.

- 1) Рассчитывается магнит без арматуры, рассчитывается магнитный поток (или кривой размагнитания)



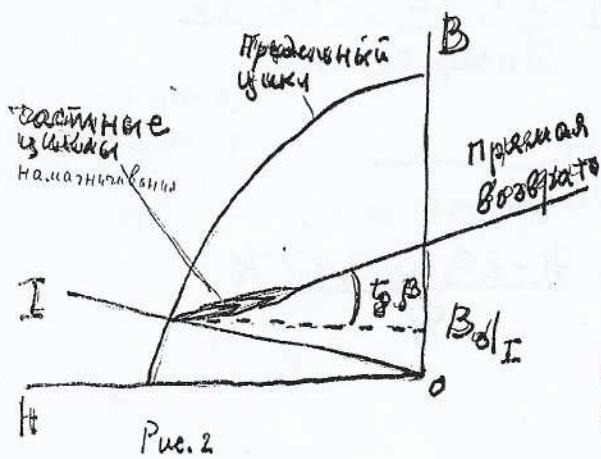
G_{M_1} - малая величина
(большой воздушный зазор,
нет магнитопровода)

$$K_{разм1} = \frac{\rho_M}{S_M} G_{M_1} \quad (\text{рис.2})$$

коэф. размагничивания

- 2) Установка магнита в магнитопровод

$\beta_r \beta = M_r$ (или M_p) - реверсивная
магнитная проницаемость
(Ю.М. Лягин, Справочник)

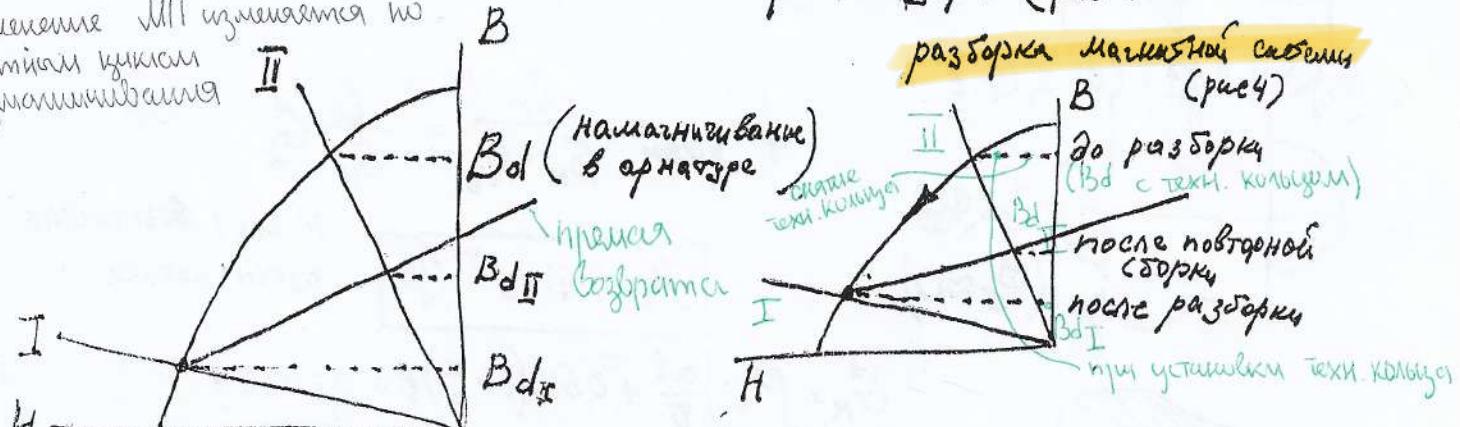
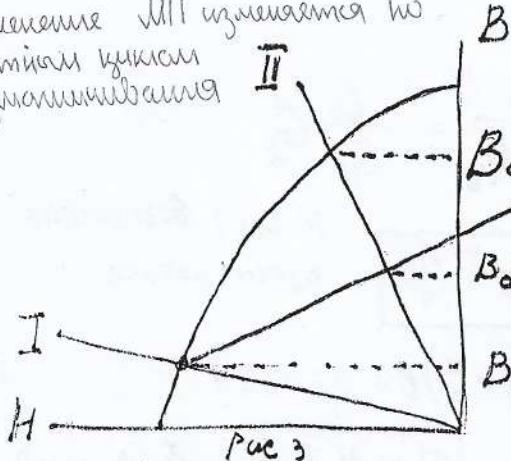


$$K_{разм2} = \frac{\rho_M}{S_M} = G_M$$

β_m - проницаемость воздушного зазора в ДМ
 $G_M = 43$ вариант намагничивания в арматуре (рис.3)

арматуре (рис.3)

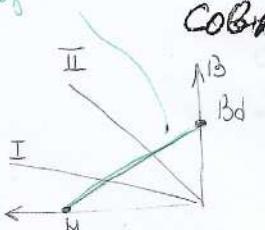
Изменение МИЗ изменяется по линейной кривой размагничивания



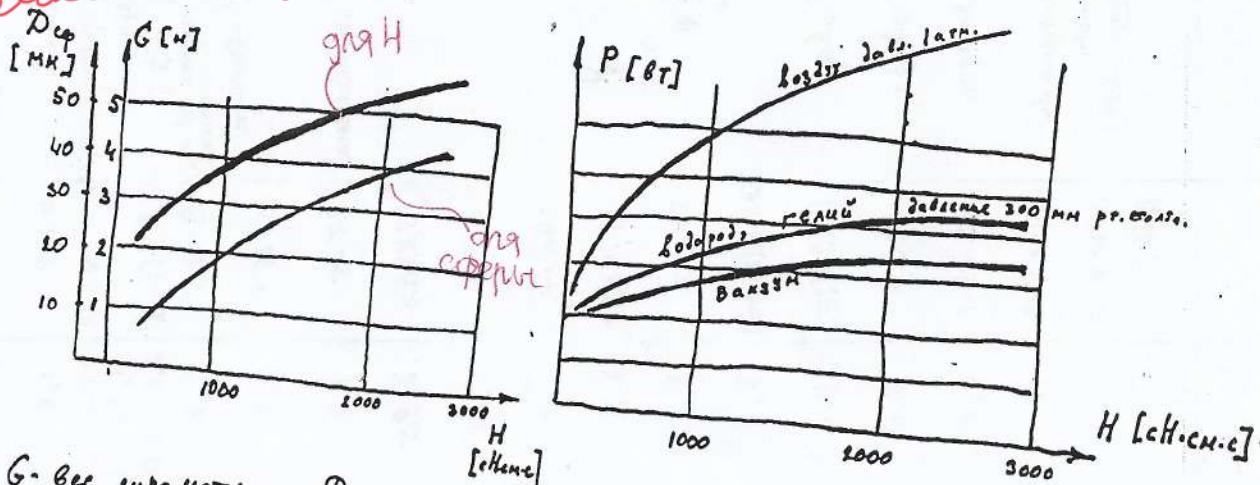
Магнит из SmCo₅ можно намагничивать отдельно от арматуры (для этого материала кривая возврата практически

совпадает с проделанным участком) (ДНГ)

Числай 1: ДМ. карбидной конструкции (магнит вытаскивает). Была большая инерция, стала меленькой. Движение с const M. От трения МИЗ ничем не останавливается, магнит в ЗТ. Вытаскивает второй, магнит останавливается из-за магнитных систематик.



1. Капиталоемкость МНМ к торцу прижима возрастает. МП через колесо дешевле. Разобрели \Rightarrow МП не проходит, т.е. через колесо, установленное в зазор, колесо всплаивает.



G - вес циромотора, D_{cp} - диаметр сечки, P - введенная мощность.

Основные характеристики циромоторов.

(стационарный ротор, $\Omega = 24000 \text{ об/мин}$, конструкция однобарабанная синхронизированная подвеска ротора на шарикоподшипниках. Нагрузка распределена на перегородку ~10..20

Графика: добротности и весов указанных циромоторов.

H [A/m]	200	400	500	1000	2000	4000	6000	10000	25000
D [см.с]	3,2	3,4	4	5,3	6,2	9	9,3	12,12	12,5
G [H]	0,62	1,17	1,22	1,9	3,2	4,5	6,19	8,2	20

Первомой 50 Н
 $B_s \sim 1,5 \text{ Тл}$

Первомой 79 Нм
 $B_s \sim 1,2 \text{ Тл}$

Первомотор
 $B_s = 2,4 \text{ Тл}$

Конструкционные материалы, применяемые в токосекущих приборах.

Табл. N.2

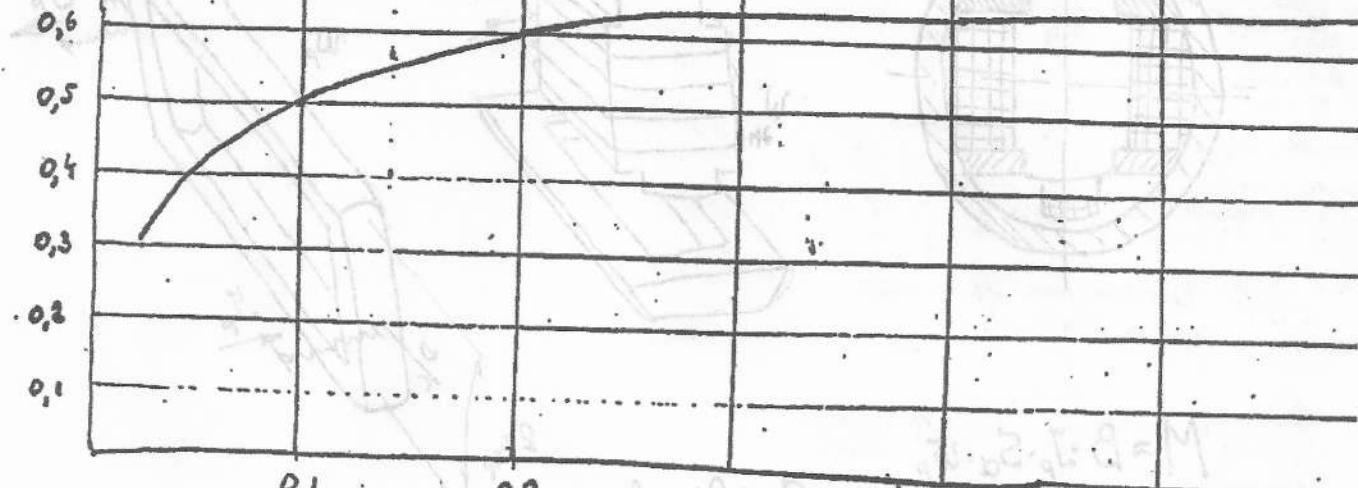
Наименование	Предел текс.		Модуль упруги $[10^{-7}]$	Плотность [г/см ³]	Теплоупористость $[Вт / см \cdot град]$	λ	Краснот. $10^6 [1/\text{град}]$
	$\sigma_{тек} \cdot 10^3 [N/mm^2]$	$\sigma_{тек} \cdot 10^{-3} [N/mm^2]$					
Корунд	154	21000	5,3	4,0	0,5		5,4
Алмаз	530	70000	10,35	3,5	2,0		1,0
Кварц крист. (волокно)	84	8200	0,73	2,5	0,014		0,55
Кремний	70	8500	1,9	2,33	1,57		2,6 (300°K) 1,43 (200°K) -3,05 (400°K)
							2,54 3,05
							2,00 K 3,00 K 4,00 K

Наименование	Марка	Плотность [г/см ³]		Продукт на распад $\Sigma \cdot 10^{-3} [\text{Гам}^2]$	Продукт распада $\Sigma_{\text{рас}} \cdot 10^3 [\text{Гам}^2]$	Коэффициент изотропии распада. Тип $K_{\text{рас}} \cdot 10^6 [\frac{\text{л}}{\text{дн}}]$	Температура вспышки иониз. радиации $T_{\text{всп}} [\text{Кельв.}]$	Магнит. коэффициент распространения $H_{\text{маг}} \cdot 10^6 [\text{Гц}^{-1}]$	Опас.	Примечание
		Плотность [г/см ³]	Плотность [г/см ³]							
Машинный алюминий. Сталь берилий	МА-8	1,8	—	12 —	3,5 —	2,6 —	0,34	0,455	Нет	Удер.
Бериллий + Si	АКН-1	1,85	—	5,94 +	—	2,8 +	1,46	2,9	0,04	Нем 4,04.
Борированный алюминий	В-95	2,8	60	—	55	—	—	—	—	Нет усып.
Ал. сплавы	Д-16Т	2,8	44	33	22	1,14	0,22	0,33	Нем 9,33	Нем усып.
Титановые сплавы	ВТ-5	4,5	—	45-85	8.	0,075	1,04	9,33	Нем норм	Спиртостаб.
18НХВА	Ч,95	130	90	14,5	0,238	2,04	0,3	0,9	Хар.	
ЧХ13	Ч,68	114	91	12,6	0,246	2,0	0,3	0,9	Хар.	
ЧХ15	Ч,Ч	68	40	14	0,4	2,1	0,3	0,9	Угол.	
1Х18Н9Т	Ч,9	58	24	16,8	0,163	2,0	0,3	0,9	Средн.	
ЭИ385	8,1	88	50	15,1	0,1	2,1	0,3	Нем	Плох.	
Сталь (чугун)	Ч,8	125	90	13-16	0,135	2,0	0,3	Нем	Плох.	
Кобальт	Н29К18	8,2	51	40	4,5-5,5	0,192	1,48	7,	Хар.	
Инвар.	Н 36	8,1	50	35	1,1	0,109	1,51	0,3	Добр.	
Латунь	ЛС-59-1	8,5	65	45	2,1	1,05	0,9-1,05	Нем	Добр.	
Бронзовая смесь	БНЗ-5-3	1%	64	60 +	5,6 +	1,0	0,33	Нем	Хар.	
(различные смеси).	БНМ	1%	140	65 +	5,3	0,38	0,34	Средн.	Нем	
АКН-1						12-13	1			

$\eta_{\text{ном}} = \eta_{\text{рабочий}}$, $\eta_{\text{ном}} < \eta_{\text{раб}}$.

Коэффициент запаса при центрировании

Запасовкалоя провода

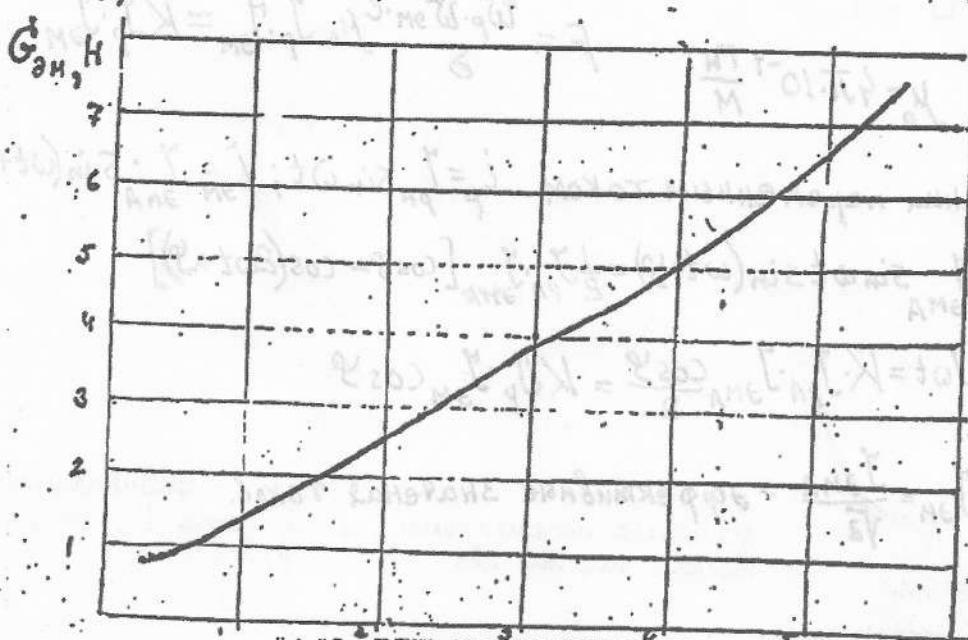


$M = B \cdot S \cdot \sigma \cdot Y$: $d_1 \downarrow 6^2 \text{ раза}$, $S_1 \downarrow 6 \cdot 4 \text{ раза}$, $l \cdot S_1 \cdot 6 \cdot 4 \text{ раза}$, $ln \uparrow 6 \cdot 4 \text{ раза}$, $R_1 \cdot g \cdot S_1 \cdot R_1 \cdot 6 \cdot 16 \text{ раза}$ (размер провода (мм))

 $P = Y^2 \cdot R = \text{const} \rightarrow J^2 \downarrow 6 \cdot 16 \text{ раза} \rightarrow Y \downarrow 6 \cdot 4 \text{ раза}$: $M = B \cdot S \cdot \sigma \cdot Y \downarrow$ - не изменится

График запаса фиксации между запасовками провода, м

0,03	0,12	0,21
0,04	0,13	0,23
0,05	0,14	0,25
0,06	0,15	0,27
0,07	0,16	0,29
0,08	0,18	0,31
0,09	0,18	0,35
0,10	0,19	0,38
0,11	0,20	...



Характеристика

Он типичных длинах
может с
двух навесных кабелей
и при малом радиусе
изгиба кабеля
ЮФРК-24

Нет магнита, нечemu размагничиваться, не теряет индукции

Электродинамические (ферродинамические) моментные двигатели

Плохими на МЭ, вместо построи момента электро
Момент (~ ток питается)

Причина: ток по катушкам

направл. Магнит

в катушке ЭДС ~

повороту раб.

Особенности:

могут работать на

const и с токе

+ стабильность вол.

- есть нейтр. момент,

связанный с проекцией

воздействия при $J = \text{const}$

* может быть

ДЧ и ДМ

(и оба)

Использовано для создания
больших моментов

Крупный стабилизатор
тока для создания
постоян. Момента

изделия в зазоре

$$M = B \cdot J_p \cdot S_a \cdot W_p$$

ток в рамке

приводимая
катушка

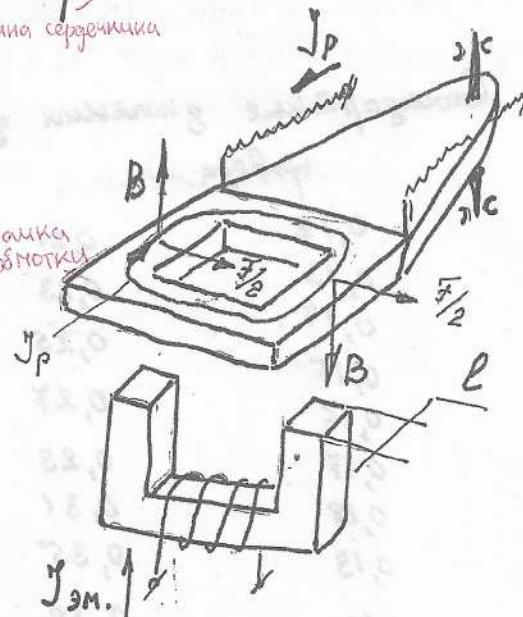
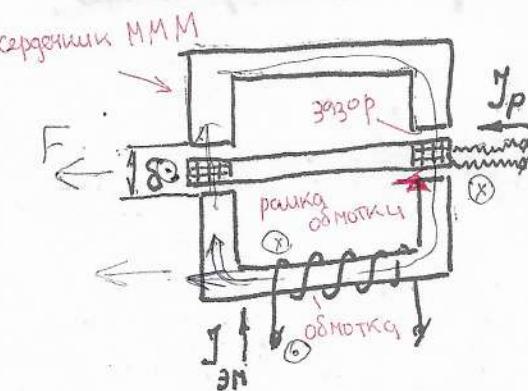
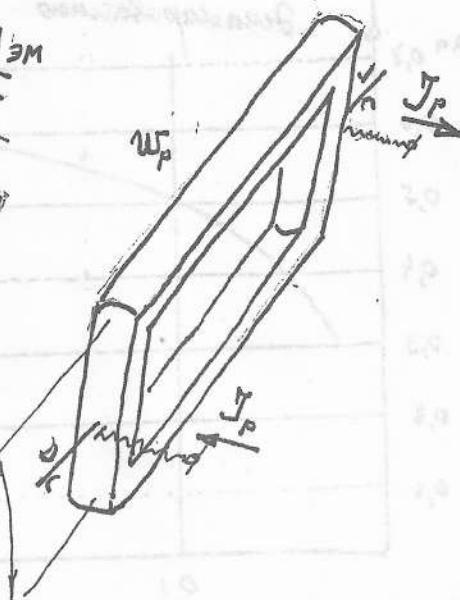
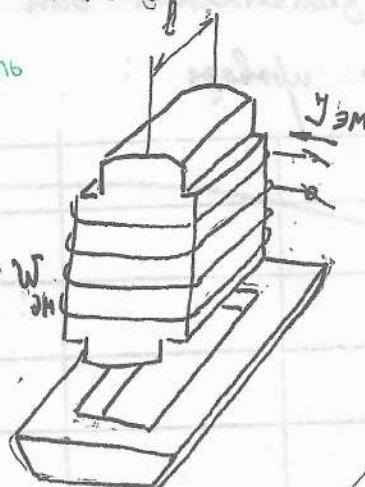
$$B = \frac{J_{\text{эм}} \cdot W_{\text{эм}} \cdot G}{S_{\text{зазор}}}$$

зазор

- площадь
зазора

$$S_a = 2 \cdot Z_{\text{упр}} \cdot l$$

длина сердечника



Управление постоянным током

$$F = \frac{W_p \cdot W_{\text{эм}} \cdot J_{\text{эм}} \cdot G}{S_{\text{зазор}}} \cdot L$$

- рабочая длина
рамки

$$G \approx \mu_0 \frac{S_{\text{зазор}}}{2\delta} ; \mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Н}}{\text{А}}$$

зазор

$$F = \frac{W_p \cdot W_{\text{эм}} \cdot l}{\delta} \mu_0 \cdot J_p \cdot J_{\text{эм}} = K \cdot J_p \cdot J_{\text{эм}}$$

При управлении переменным током $i_p = J_{\text{РА}} \sin \omega t$; $i_{\text{эм}} = J_{\text{ЭМА}} \sin(\omega t + \varphi)$.

$$f = K \cdot i_p \cdot i_{\text{эм}} = J_{\text{РА}} \cdot J_{\text{ЭМА}} \sin \omega t \sin(\omega t + \varphi) = \frac{1}{2} J_{\text{РА}} \cdot J_{\text{ЭМА}} [\cos \varphi - \cos(2\omega t + \varphi)]$$

$$F_{\text{ср}} = \frac{1}{2\pi} \int f dt = K \cdot J_{\text{РА}} \cdot J_{\text{ЭМА}} \frac{\cos \varphi}{2} = K \cdot J_p \cdot J_{\text{эм}} \cos \varphi$$

$J_p = \frac{J_{\text{РА}}}{T^2}$; $J_{\text{эм}} = \frac{J_{\text{ЭМА}}}{\sqrt{2}}$ - эфективные значения токов. - эквивалентные
значения переменному току const I , который создает
такой же момент

• При переменном I плохая управляемость

• Статический преобразователь тоже плох

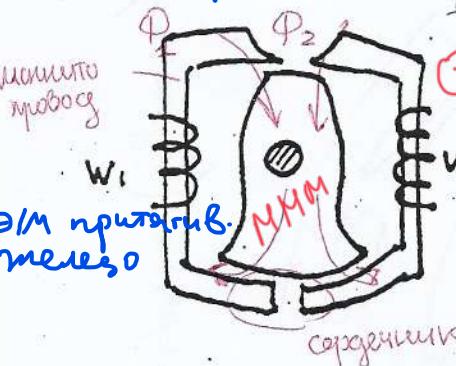
• Эти датчики могут использоваться как ДУ и ДМ

Э/М ДМ

статор, ротор - магнитование

автоматом АП-15

Начало статорного магнитного поля не за счет симметрич. явлений



• Ток в обмотке воздушного зазора создает Магнит.

• если $I_{1\text{упр}} = 0$, то момент не возникает, т.к. интенсивность с двух сторон равна.

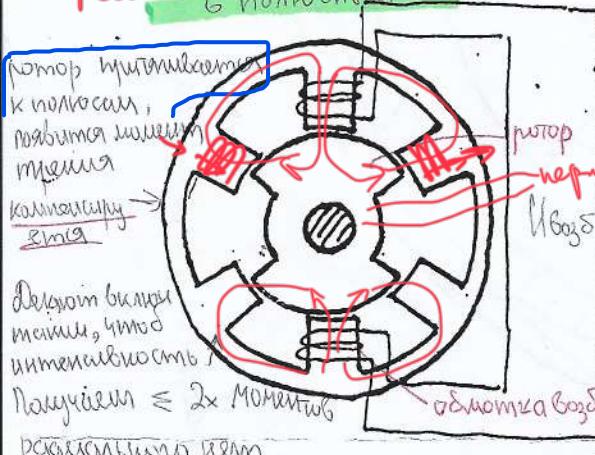
• Обмотки соединены последовательно - встречно, Φ будут направлены в разные стороны

• отсутствие токоподводов на роторе

• сопротивление давления на опоры 43-50 кН/м (вращение ротора и полюсы)

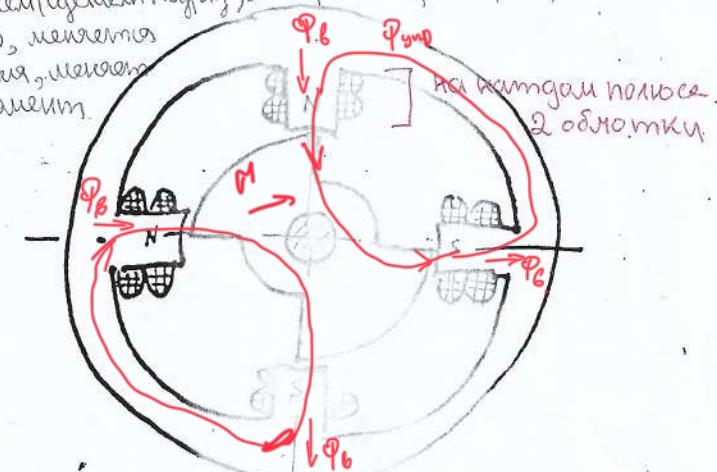
Четырех полюсник (микроэл.)

• статор и ротор магнитование через. токи в полюсах



(другое фото)

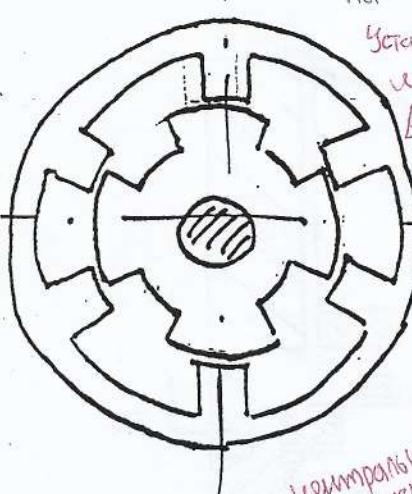
При первичном включении обмоток - чередование NSNS магнитами, здешний ток $I_{1\text{возд}}$ будет работать как магнит. индуктором. Если поменять (сделав подруга), то при повторном включении момента МТ от max $\rightarrow 0$, меняется магнит. характер, меняется величина момента.



• осцилляции момента, зависящий от предистории работы датчика

При работе датчиков:

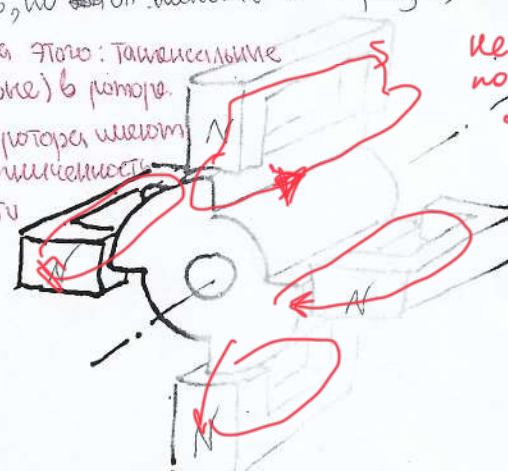
- на const I : этот момент $\sim 0,1\% M_{\text{max}}$, развязывающие датчики раннее;
- на $\sim I$: момент есть, но он меньше в 4 раза;



Установлено, что причина этого: Тангенциальные магнит. потоки (кольцевые) в роторе.

Если все полюса у ротора имеют одинаковую начальную индукцию и скорость N , то момент не изменяется

не кольцевых полюсов, чем магнит - в темпер



Более магнитную и крестовидные начальными. Когда ротор находился в 1 пазах, как статор, то зерно 1 ротора окончательно в середине первого зерна

здесь же, а зерно II окончательно в середине второго зерна

таким образом момент заслуживает

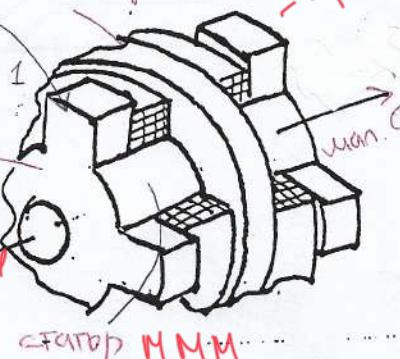
центральный диск кольцо

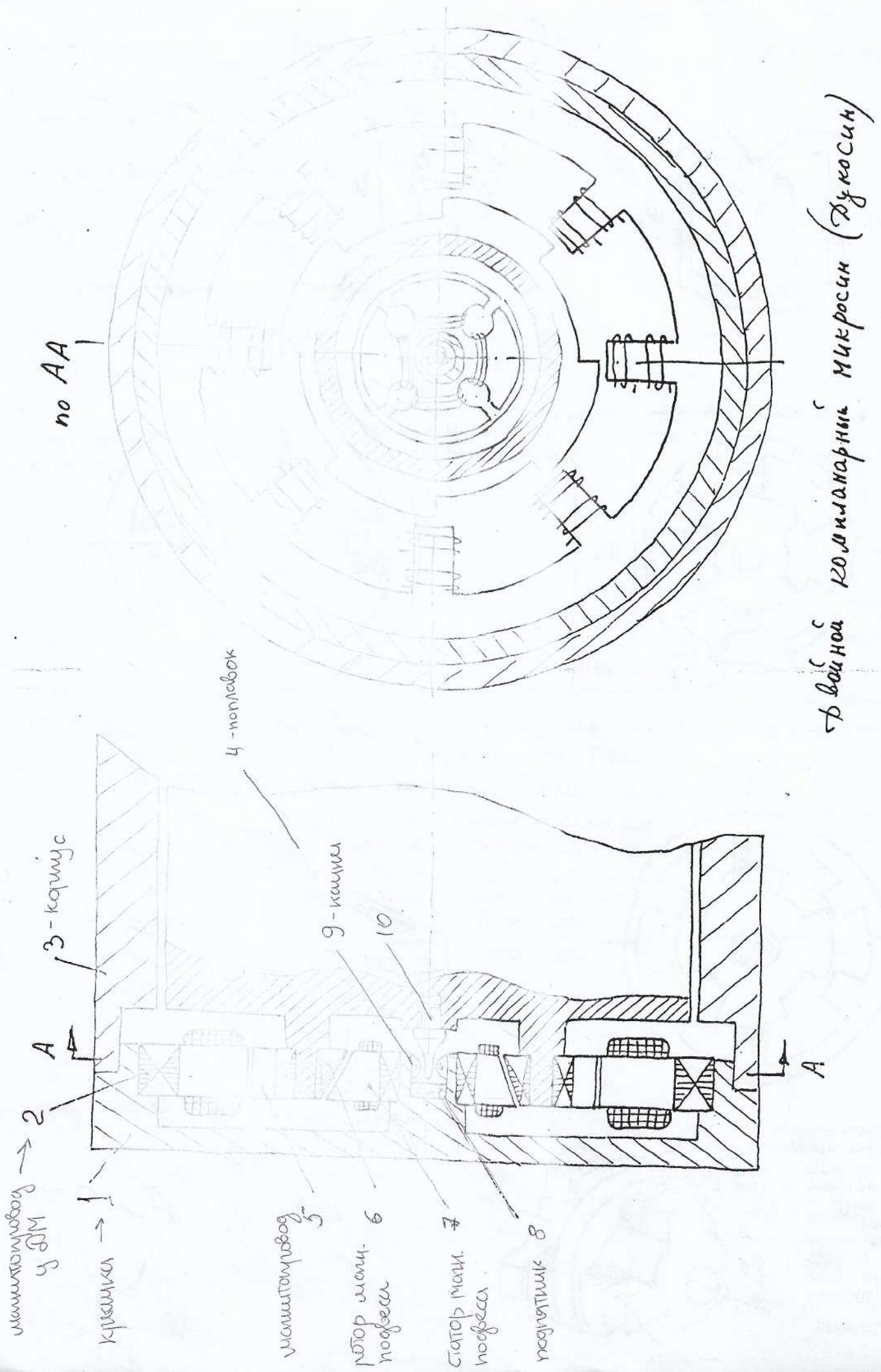
крестик

или нет

им потока зависит, какой курс фундукционной

ротор НМН





• сбоку и сперва
ДУ и ДМ

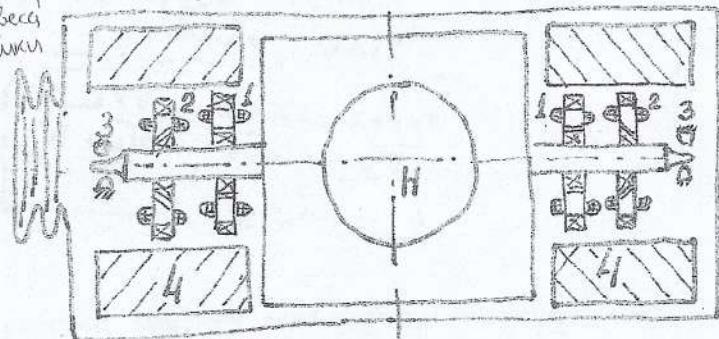
• когда вы обрабатываете
поплавков, сразу
делайте ногу поток
и статор МФовка
+ статики краинки

Фото №1 Комплексный Микросин (Аукосин) по 2 обмотки (возд.)

на катушке тем больше шумы сильней.

Чем больше жидкости в приборе,

• трение отсутствует



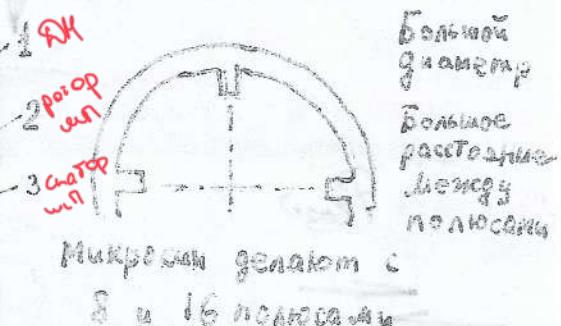
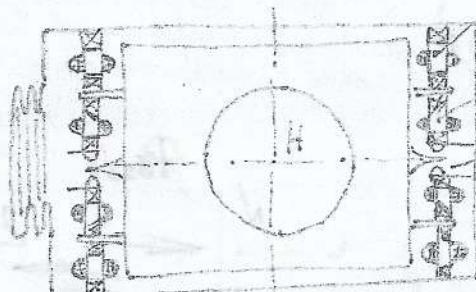
Недостатки

- большая длина прибора
- наличие больших полюсов. Для уменьшения объема жидкости приходится использовать
заместители.

При заполнении прибора сильфон растягивается, при любых θ он должен давить

Параллельное Комплексное расположение элементов

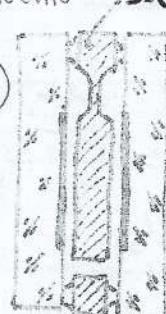
Вместо 6 полюсов
используют
12 полюсных
датчик



Принцип действия:
2 заряда либо отталкивают, либо
притягивают на электростатических
известиях электростатические поля, таким

Конденсаторные (емкостные) датчики СИЛЫ И МОМЕНТА (Максимум)

• сила (момент) $\sim C^2$
появляется нелинейность
(решение:
- подборка
- импульсная схема)

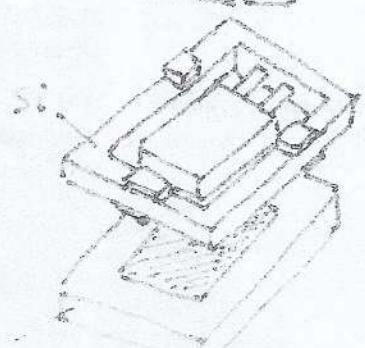


Si (стекло)

зеленогорск
хвостик



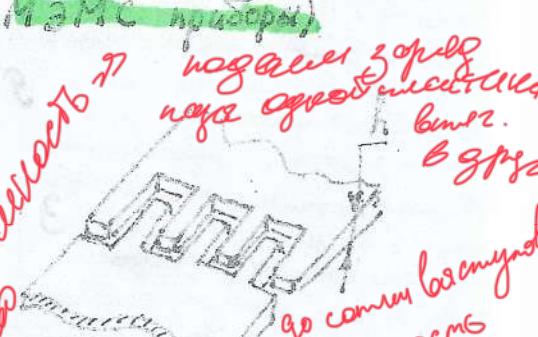
SiO₂ (O)



Si SiO₂

небо \rightarrow небес

Баллон
заряжен
27277

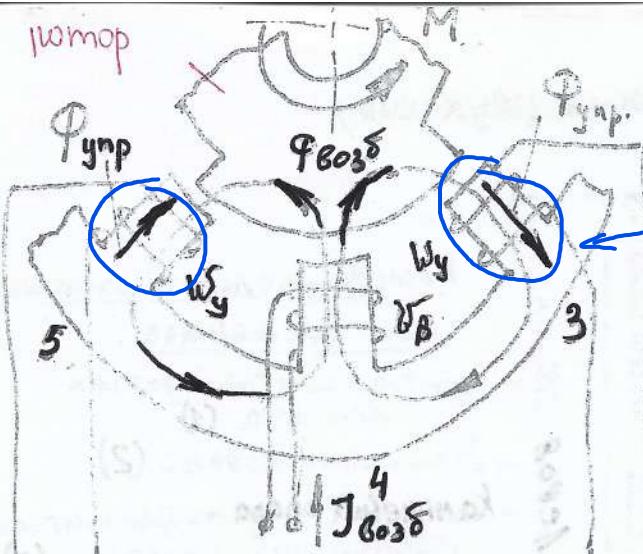


Подключить
зарядить

$h = 20 \text{ мкм}$
 $\Delta h = 0.5 \text{ мкм}$

Объем тела зорь

500 \times 500



* если кем Мурат, кем Махмуд
←Работа ЭМДМ

разрывы и теневости
потоки складов.
сева фрукт.

m m m m m
W e W e W e W e
W e

Поток воздействия проходит через катушки. В момент управл. на 5 и 3 полюсах, они подключены к источникам управления и снимается. Рассмотрим же схему. Поток воздействия через 3 и 5 не создает воздействующего момента. При извороте ротора не меняется состояние магнитной системы, если не меняться якоря, то нет воздействия.

Если мы изображаем поток по τ направлению, то
выступающая часть потока больше перекрывает
поле с. При малых зазорах, приводимо $\rightarrow \infty$
недостаточность $= \text{const}$, энергия МР $\frac{1}{2} \rho u^2$
 $= \text{const}$, $\sqrt{M} = 0$

Множества

Если повернуться вокруг 1 полосы Земли неизменно, то 2 полосы неизменно становятся const , т.е. Многократный виток виткающийся = const , $M = 0$. Есть обмотки возбуждения и управления. При включении таких обмоток, чтобы они издавали индукционные колебания порядка 1 и 2 (север), 3 и 4 (юг), т.е. полюсов одно полюс зазора меняется через полосы SSNN.

Микроволны

шор
виконуються (макс)
Цименсивство в 1 и 3 нюансах $\uparrow\downarrow$,
в 2 и 4 $\downarrow\uparrow$ поток изворач к max,
Фм пригнів **Розс**
поток в 1 и 3

При этом отмечавшем межвидовом
изменении и новообразование ряда относительных
характеристик бывает безразлично.

Відокремлюючи відро розривом к дистальному
межливу (T.k. діагноз M1, коморче
таким чином)

Це єдина 2 обмотка управ, яку включаємо вимкнено, так чима загальним потоком управ відбувається зміненням стережки. В країнах потоки Σ спрощає розуміння. В задніх креслах потоки Π . Більші потоки встановлюють виступи на нісці, задній виступ на нісці, передній крест не реалізують ніж Σ поток, який має напрямлення

Датум упр. при погаче Јеозар

man = Typ.

• Установите. West

• Установите. West

• Установите. West

• Установите. West

1 полюс: поток цир. и возбужд. суммируются

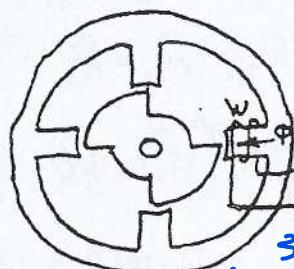
Ump
~~Wiggle~~
 • ~~U.S.~~ ~~U.S.~~
 • ~~(W. Gost Nel. W. Gost Nel.)~~
~~W. Gost Nel. W. Gost Nel.~~

Энергетический метод расчета электромагнитного момента

(сначала определяется момент, создаваемый одним полюсом, затем Σ)

Механическая работа $M d\beta = dE_M$ - изменение энергии магнитного поля.

$$M = \frac{dE_M}{d\beta}$$



для 17° полюса: $E_{M_n} = \int_{t_i=0}^{t_i=0} i \cdot d\beta dt$

$$e = -\frac{d\Phi}{dt} = -W \frac{d\Phi}{dt}$$

$$\Phi = \frac{HC}{R_M}; R_M = \text{const}; e = -\frac{W^2}{R_M} \frac{di}{dt}$$

запись на коротко замкнутом симметричном

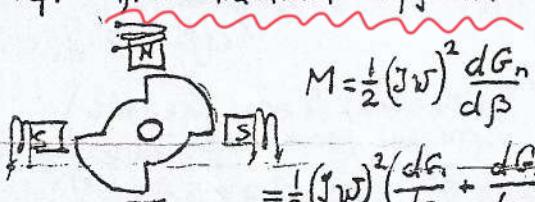
векторе будет энергия, запасенная

$$E_{M_n} = - \int_{t_i=0}^{t_i=0} i \frac{W^2}{R_M} \frac{di}{dt} dt = \frac{W^2}{R_M} \int_0^i di = \frac{W^2 i^2}{2 R_M} = \frac{1}{2} (jw)^2 G_M \text{ или } \frac{1}{2} (jw)^2 \Phi$$

некорректный подход: $E_M = \sum_{n=1}^4 E_{M_n} = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^4 (HC)_n G_n$

$$M = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^4 (HC) \frac{dG_n}{d\beta}$$

Пример: 1) Магнитная пружина

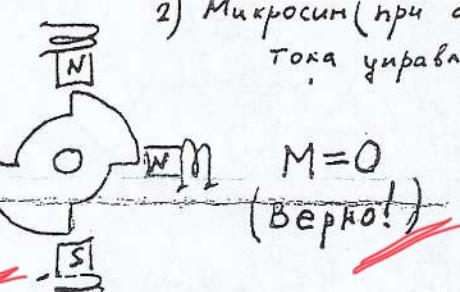


$$M = \frac{1}{2} (jw)^2 \frac{dG_n}{d\beta} =$$

$$= \frac{1}{2} (jw)^2 \left(\frac{dC_1}{d\beta} + \frac{dC_2}{d\beta} \right) = 0$$

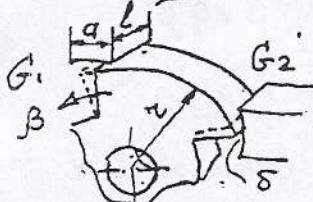
неверно!

2) Микросим (при отсутствии тока управления)



$$M = 0$$

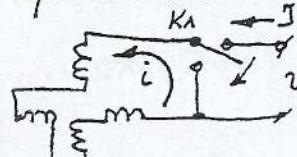
(Верно!)



$$G_1 = \frac{\mu_0 l}{\delta} \left(\frac{\alpha}{2} + \gamma \beta \right)$$

$$G_2 = \frac{\mu_0 l}{\delta} \left(\frac{\alpha}{2} - \gamma \beta \right)$$

Правильный подход:



$$E_M = \int_{t_i=0}^{t_i=0} i \cdot d\beta dt$$

$$e = \sum_{n=1}^4 e_n = -W \sum_{n=1}^4 \frac{d\Phi_n}{dt}$$

$$\Phi_1 = \Phi_3; \Phi_2 = \Phi_4$$

$$R_1 = R_3; R_2 = R_4$$

$$\{\Phi_1 R_1 + \Phi_2 R_2 = 2iW$$

$$\Phi_1 - \Phi_2 = 0$$

$$\Phi_1 = \Phi_2 = \frac{2iW}{R_1 + R_2}; E_M = - \int_{t_i=0}^{t_i=0} i \cdot W \frac{d}{dt} 4 \left(\frac{2iW}{R_1 + R_2} \right) dt =$$

$$= \frac{8W^2}{R_1 + R_2} \int_{t_i=0}^{t_i=0} i \cdot di = \frac{4j^2 W^2}{R_1 + R_2} = 4(jw)^2 \frac{d}{d\beta} \left(\frac{G_1 G_2}{G_1 + G_2} \right)$$

$$\frac{d}{d\beta} \left(\frac{G_1 G_2}{G_1 + G_2} \right) = -M_0 \frac{l}{\delta} \cdot 2 \frac{\gamma^2}{\alpha} \beta; M = -8(jw)^2 \frac{\mu_0 l \gamma^2}{5 \alpha} \beta$$

здесь имеем

$$G_1 + G_2 = \frac{\mu_0 a l}{\delta}, \frac{G_1 G_2}{G_1 + G_2} = \frac{\mu_0 l}{\delta} \cdot \frac{\alpha^2/4 - \beta^2/4}{a}$$

$$\Phi_1 = \Phi_3; \Phi_2 = \Phi_4$$

$$R_1 = R_3; R_2 = R_4$$

$$\{\Phi_1 R_1 + \Phi_3 R_3 = 2iW$$

$$\{\Phi_2 R_2 + \Phi_4 R_4 = 2iW$$

$$\Phi_1 = \frac{iW}{R_1}; \Phi_2 = \frac{iW}{R_2}$$

$$E_M = - \int_{t_i=0}^{t_i=0} i \cdot W \frac{d}{dt} 2 \left(\frac{iW}{R_1} + \frac{iW}{R_2} \right) dt = (jw)^2 (G_1 + G_2)$$

$$M = (jw)^2 \frac{d}{d\beta} (G_1 + G_2) = 0$$

Формулы для расчета M :

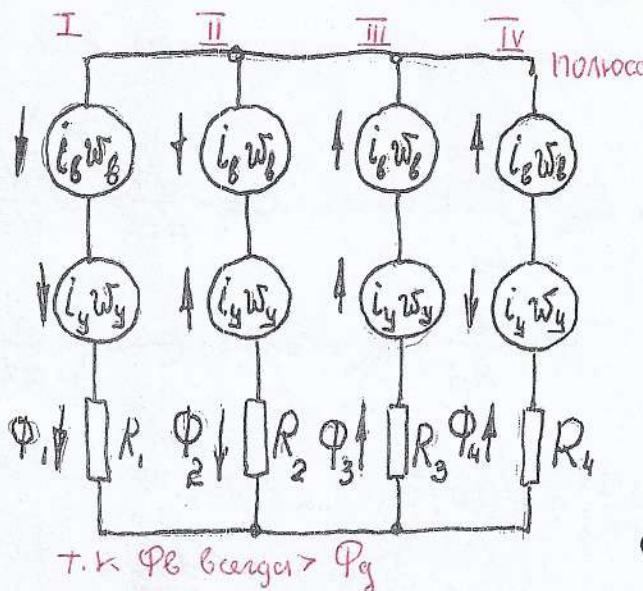
$$M = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^4 \left(\frac{\Phi_n}{G_n} \right)^2 \frac{dG_n}{d\beta}$$

$$M = -\frac{1}{2} \sum_{n=1}^4 \Phi_n^2 \frac{d}{d\beta} R_n$$

↑ когда перепорогие полюсов сработал
→ разъединение → при $\beta = -1$

Ток возбуждения создает $M \sim \mathcal{J}$ упр.

Расчет момента микросина. (Ток возбуждения и ток управления отдельно)



Условие симметрии

$$\Phi_1 = \Phi_3; \Phi_2 = \Phi_4$$

$$R_1 = R_3; R_2 = R_4$$

по условию Кирхгофа

$$\left\{ \begin{array}{l} 2(i_B w_B + i_y w_y) = \Phi_1 R_1 + \Phi_3 R_3 \quad (1-3) \\ 2(i_B w_B - i_y w_y) = \Phi_2 R_2 + \Phi_4 R_4 \quad (2-4) \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \Phi_1 = \Phi_3 = \frac{i_B w_B + i_y w_y}{R_1}; \Phi_2 = \Phi_4 = \frac{i_B w_B - i_y w_y}{R_2} \end{array} \right.$$

$$M = \frac{1}{2} \sum_{n=1}^4 \left(\frac{\Phi_n}{G_n} \right)^2 \frac{dG_n}{d\beta} = \frac{1}{2} \left[(i_B w_B + i_y w_y) \frac{d}{d\beta} G_1 + (i_B w_B - i_y w_y) \frac{d}{d\beta} G_2 \right]$$

$$\text{Л.в.м.л. } \frac{d}{d\beta} G_1 = \frac{M_0 l}{\delta} \frac{\text{толщина}}{\text{зазор}} Z; \quad \frac{d}{d\beta} G_2 = - \frac{M_0 l}{\delta} \frac{\text{толщина}}{\text{зазор}} Z. \quad \begin{aligned} &\text{(При больших } \beta \text{ есть влияние} \\ &\text{потоков рассеяния)} \end{aligned}$$

величина момента в
микросине при двух
токах

$$M = +4 i_B i_y w_B w_y \frac{M_0 l}{\delta} Z; \quad (1)$$

$$G_1 = \frac{M_0 l}{\delta} \left(\frac{a}{2} + Z\beta + \frac{q}{2}\beta^2 \right); \quad G_2 = \frac{M_0 l}{\delta} \left(\frac{a}{2} - Z\beta + \frac{q}{2}\beta^2 \right).$$

Вариант 1 - Микросин с одной обмоткой W на каждом полюсе.

Ток \mathcal{J} либо в обмотках полюсов 1, 3, либо в обмотках полюсов 2, 4.

$$\text{Полюсами } W_y = W_B = \frac{W}{2}; \quad i_B = i_y = \mathcal{J} \quad (\text{НС}_{1,3} = \mathcal{J}w; \quad \text{НС}_{2,4} = 0)$$

$$\text{из (1): } M = \mathcal{J}^2 w^2 \frac{M_0 l}{\delta} Z \quad - \text{нелинейная зависимость } M \text{ от тока } \mathcal{J}.$$

Мн Упр. Если сделать $\mathcal{J} = \text{const}$ и обеспечить его протекание в обмотках полюсов 1, 3 в течение времени t_1 , а затем подать тот же ток в обмотки полюсов 2, 4 на время t_2 , то средний за время $t_1 + t_2$ момент

$$M_{cp} = \frac{M_0 l}{\delta} Z \mathcal{J}^2 w^2 \left(\frac{t_1 - t_2}{t_1 + t_2} \right) - \text{пропорционален } (t_1 - t_2) - \text{линейная}$$

Зависимость.

Можно сделать в компенсационном приборе импульсную обратную связь. Сохранять симметрию тока.

Формирование силы путем поддержания на электроде

Управляемого напряжения и

Закон сохранения энергии для $U = \text{const}$ от акселерометра

$$\text{электр. статич. сила } F_{\text{эс}} \cdot dz + dA \text{ поддержка } dW_{\text{эс}}; dW_{\text{эс}} = d \frac{U^2}{2}; dA \text{ поддержка } = U^2 dC. \text{ изменение плотности энергии эл. стат. поля}$$

dA поддержка Изменение емкости без подзаряда приводит к изменению U

При $U = \text{const}$ Необходимо потребление тока из цепи питания

$$I_{\text{пит}} \cdot dz + U^2 dC = \frac{U^2 dC}{2}; F_{\text{эс}} = \frac{U^2 dC}{2 dz}; C = \epsilon \frac{S}{\delta_0 - z}$$

Задача
птичник $F_{\text{эс}} = \frac{1}{2} \epsilon S \frac{U^2}{(\delta_0 - z)^2}$ → недостатки: 1) $F_{\text{эс}}$ нелинейно зависит от управляемого напряжения U → импульсное управл.

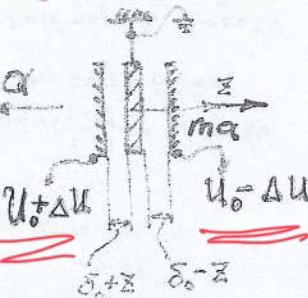
2) $F_{\text{эс}}$ изменяется при изменении зазора z

① Магнитковый акселерометр

Поддерживать U на постоянных

силы

$$F_{\text{действ.}} = \epsilon S \frac{(U_0 + \Delta U)^2}{2(\delta_0 + z)^2}; F_{\text{прибл.}} = \epsilon S \frac{(U_0 - \Delta U)^2}{2(\delta_0 - z)^2}$$



Магнит замкнут

$$F_{\Sigma} = F_{\text{прибл.}} - F_{\text{действ.}} = \frac{\epsilon S}{2} \left[\frac{(U_0 - 2U_0 \Delta U + \Delta U^2)}{(\delta_0 - z)^2} - \frac{U_0^2 + 2U_0 \Delta U + \Delta U^2}{(\delta_0 + z)^2} \right]$$

Для устранения зависимости F_{Σ} от z систему обратной связи должна работать автоматически. ($z=0$). Тогда автоматический контур

$$F_z = -2ESU_0 \Delta U$$

- линейная зависимость силы от ΔU

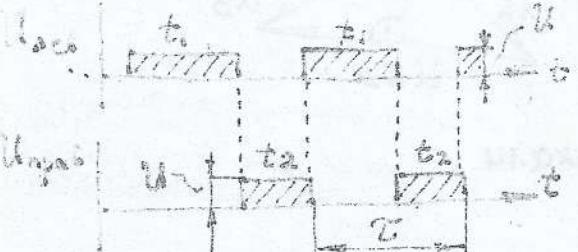
$$m \ddot{a} = 2ESU_0 \Delta U$$

$$\Delta U = \frac{m}{2ESU_0} \ddot{a}$$

исполн. импер

② Магнитковый акселерометр с импульсным управлением

не хороший метод \Rightarrow ③



$I_{\text{коэф}} = \text{const}$

$$F_{\text{эс}} = \frac{\epsilon S I_{\text{коэф}}}{2} \left[\frac{t_1}{(\delta_0 + z)^2} - \frac{t_2}{(\delta_0 - z)^2} \right]$$

$T = t_1 + t_2 = \text{const.}$

Зависимость $F_{\text{эс}}$ от z не избавлена
т.к. создает дополнительную погрешность.

Нельзя сделать достаточно (затухает и отключает от внешних линий)

$\Rightarrow F_{\text{эс}} \sim (\text{зависит})$. т.к. электроды приближаются к катушкам \rightarrow изменение резистивности

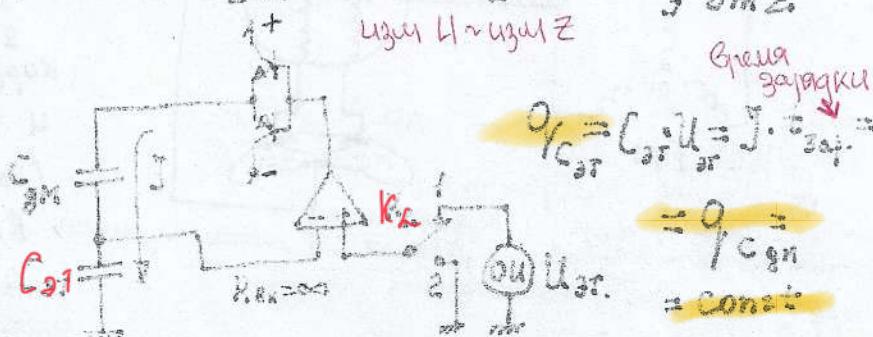
$$q = C U = \text{const}; U = \frac{1}{C} \cdot q \frac{1}{\delta_0 + z}; W_{\text{эс}} = \frac{q^2}{2C} \frac{1}{\delta_0 + z}; F_{\text{эс}} = \frac{q^2}{2ES} \frac{1}{\delta_0 + z} = \text{const}$$

$q = \text{const}$

$q = \text{const}$

t_1

t_2



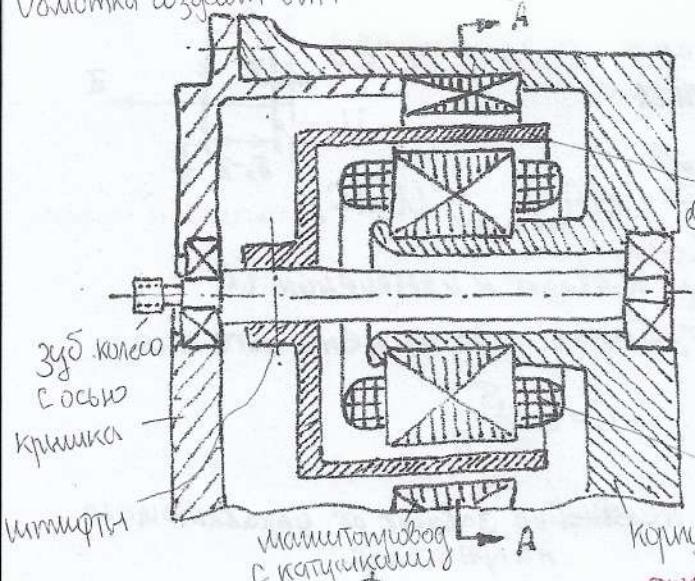
$$Q_C = C_{21} \frac{U}{2} = J \cdot \frac{1}{2} \tau_{заж.}$$

$$= Q_C = \\ = \text{const}$$

$$F_{\text{эс}} = \frac{q^2 \omega_m}{2ES} \frac{t_1 - t_2}{\delta_0 + z} = m \ddot{a}$$

$$t_1 - t_2 = 2ES \frac{m}{a}$$

Обмотка создаёт МГ



Создают 2 потока

$$\left\{ \begin{array}{l} \Phi_1 = \Phi_A \sin \omega t \\ \Phi_2 = \Phi_A \cos \omega t \end{array} \right.$$

$$\Phi = \Phi_A \sqrt{\sin^2 \omega t + \cos^2 \omega t} = \Phi_A$$

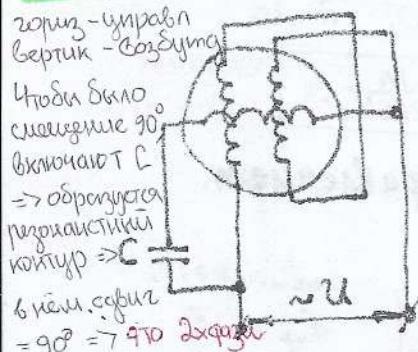
поток МГТок, созд. обмотками

$$\Psi = \text{const} \frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \omega t$$

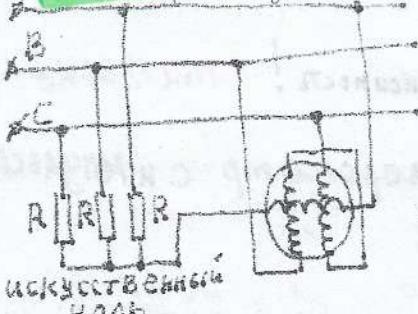
напуск магнита
амплитуду

Скорость смешения меньше ω - скользящие,

Как из одифазного сделать 2хфазное питание?



Векторное выражение источника



F Вращающийся поток пересек статор, в статоре электрический ток. Проводник С, ток на нем сдвигает сдвиг момента и создаёт силу, которая заставляет статор врашаться, как МГ (но правильную сторону). Его скорость < скорости МГ

- R берём большой (это много магнитов)

$$U_{AB} = 120^\circ, AB \perp C$$

- если замкнуть, будет 2хфазное (но нет зерни)
- "0" нет, но можно создать $R_1 = R_2 = R_3, k = A, B, C \Rightarrow$ общая точка - искусственный ноль

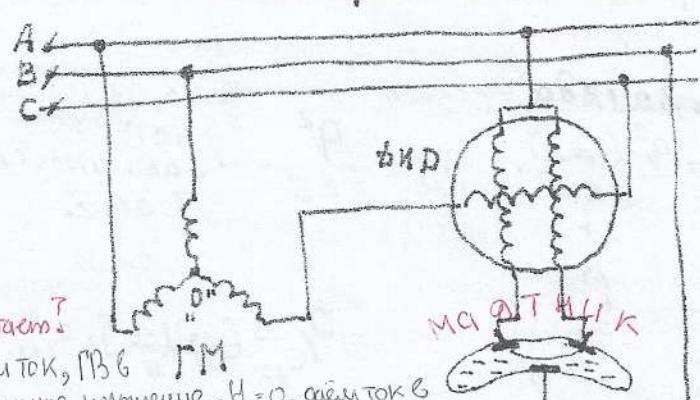
1. Малое время готовности

(малый Н и большой ток в обмотке возбуждения - пусковой ток ГМ)

2. В полете - малая скорость коррекции, малые баллистические и вибрационные погрешности.

(большой Н, малый ток в обмотке возбуждения - рабочий ток ГМ)

Чтобы не было ошибок при пилотаже, то скорость коррекции замедляют.



вертикальное положение, Н = 0, даем ток в обмотки (I - большой), когда ГП раскручивается то роторам находится противодействующая сила, которая \downarrow I, момент коррекции \rightarrow ГП будет вращаться, I \downarrow , перекрыва нам

Плоские индукционные двигатели.

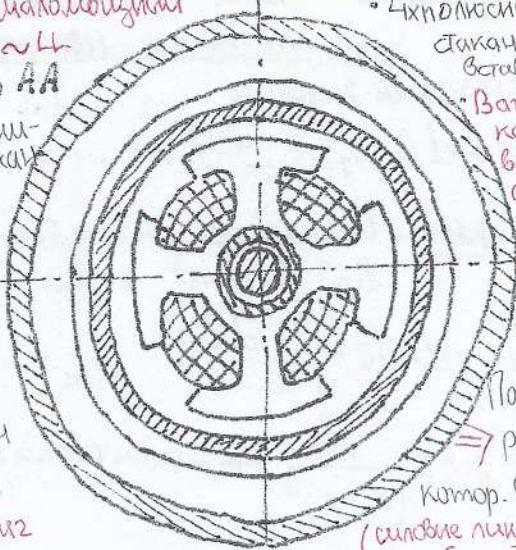
Принцип машины: отклоняется пульсир. током на температуру, R < I, называется вертикальный поток, создается плоским поддерт. вертик. положение

✓ бесщеточный индукционный двигатель.

• малоимощный

• ~4

на АА



• четырехполюсный статор:

стакан и машиностроительный встав. в конус

• Видно, как катушки катушки вокруг вертикальной оси, другая горизон

• Режим питания отличается на 90° (двухфазная система питания)

Получаем \vec{E} Мгток, разной величины, ктор. времяз. с $U = \text{const}$

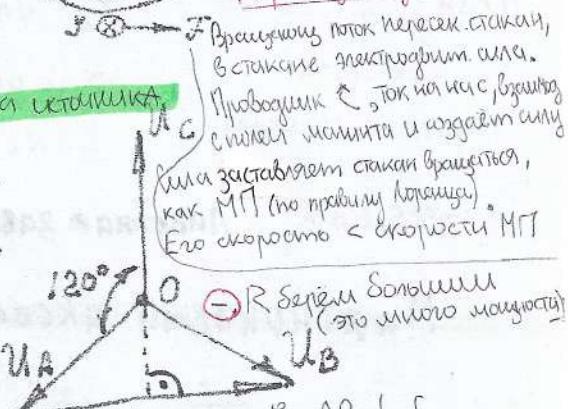
(синусные линии в 50° , плюс ток, большой началь. фаза)

Направление тока

правило правой руки

Направление силы
правило левой руки.

Принцип действия



$$U_{AB} = 120^\circ, AB \perp C$$

- если замкнуть, будет 2хфазное (но нет зерни)
- "0" нет, но можно создать $R_1 = R_2 = R_3, k = A, B, C \Rightarrow$ общая точка - искусственный ноль

1. Малое время готовности

(малый Н и большой ток в обмотке возбуждения - пусковой ток ГМ)

2. В полете - малая скорость коррекции, малые баллистические и вибрационные погрешности.

(большой Н, малый ток в обмотке возбуждения - рабочий ток ГМ)

Чтобы не было ошибок при пилотаже, то скорость коррекции замедляют.

$\Delta = 10$; без коррекции.

• $R < I$, называется вертикальный поток, создается плоским поддерт. вертик. положение

• Когда МП вращ. в одну сторону пытается зайди МП

$T_2 - T_1 = \text{ЭТО ПЛОХО}$

Как с этим бороться?

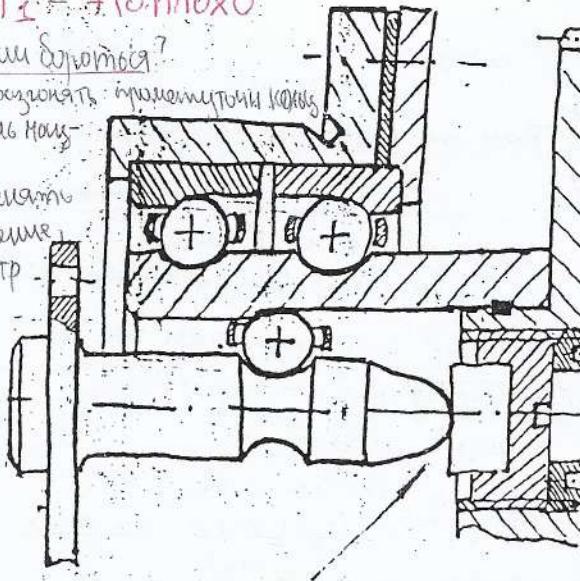
• Высоко разгонять магнитный контур

• ограничить часы

• разные полюсы

• параллельное

• разные МП



Срок службы определяет износ
пяты и подшипника

Несколько, чтобы избежать переключения в один сторону

Число, чтобы избежать переключения в один сторону

Число, чтобы избежать переключения в один сторону

Привод на базе двухфазного индукционного двигателя

• скорость > искашение >
(18 тыс обор/мин)

• течение времени
бронза стареет, всё
в золотой пыльце

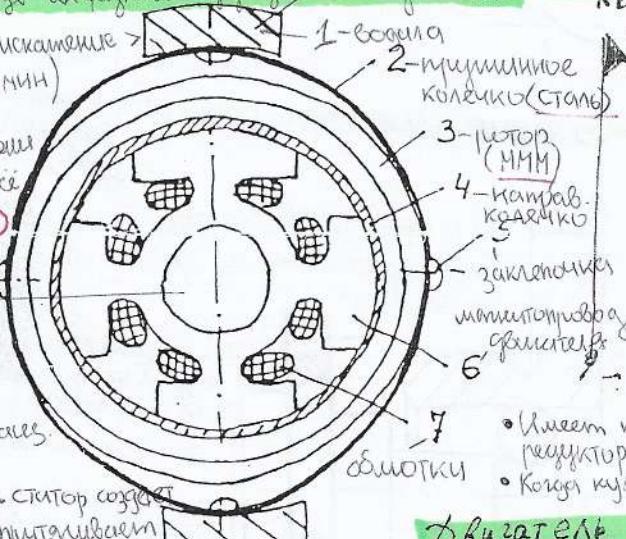
магнитная
система

• 4 полюса

• 2 катушки

(в них создаётся
магнитное поле)

Принцип действия: статор создаёт
вектор МП. МП притягивает
полюс к напр. катушке, МП вращается, перемещает
точку контакта, смешается и т.д.



Шаговый Если взять полную окружность,
двигатель то зубьями, на якоре ± 1

Скользящий
якорь

Все же

нужен

два

зубца

Принцип действия

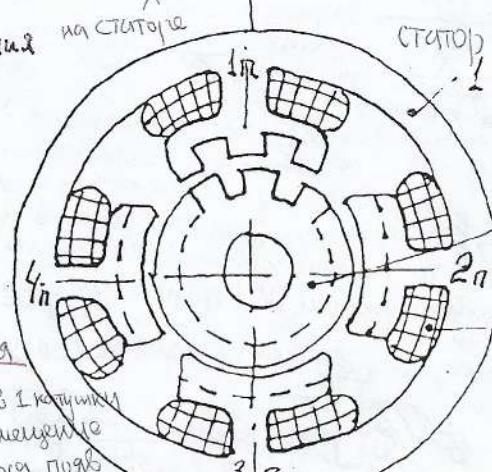
Сначала поднимут в 1 катушке
одна сторона сцепления

Поддерживается, пока

зубец, при котором якорь ротор. Пока лежит на земле, поднимут

1 полюс поднимут, так как зубец под 4 полюс, 3 полюс, 2 полюс

• подают питание



• магнито обратим

Особенность: ставят обеих, $J_1(D_2 - D_1)$, следовательно
т.к. возникает между Наружное колесо повернется на
угол $\beta = \frac{2\pi(D_2 - D_1)}{D_2}$

! Упрощение склонение дает ошибки

намагничение

без намагничения

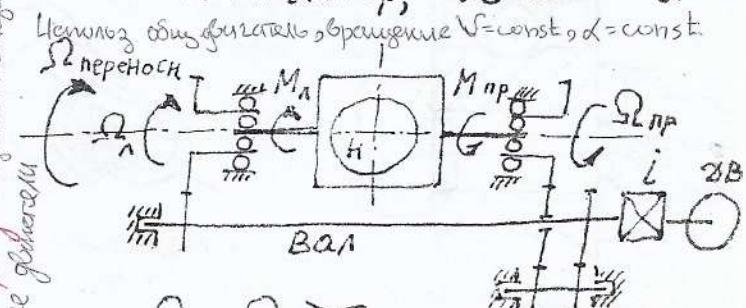
а) Коэффициент подачи

$$i = \frac{2J_1}{\beta} = \frac{D_2}{D_2 - D_1}$$

может быть склонение
использоваться один
двигатель и вал.

3x Колёсные шариковые подшипники

Д. С. Гелендорф, А/С от 1941г.

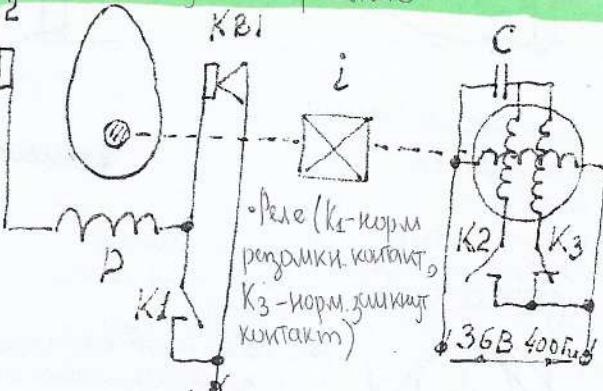


$\Omega_1 = \Omega_{bp} > \Omega_{переносн.}$
одинаковые и одинаково нагруженные
подшипники - момент трения равен нулю.

независимо от $\Omega_{переносн.} \leq M_p = 0$

реально из-за различия подшипников и их
нагружения $M_I = M_p - M_{hp} = 0,1 \dots 0,2 \text{ от } 2M_{ip}$
5 раз \rightarrow введен реверс вращения (1956г)

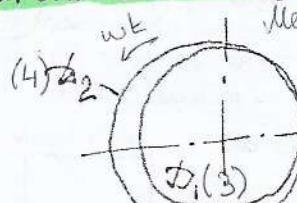
двигатель для МП выше



• имеет кулакок, который связан с пружинами колесом через
регулятор - за он двигает ограничитель

• когда кулакок напинает на выключатель, мы получаем что

двигатель с катящимся ротором



Между D_1 и D_2 - зазор

Руть токи контакта за
период питания одного контакта

разных J_1, J_2

он меньше радиуса окружности

по наружной окружности токи
контакта не дойдет до полного
оборота на расстояние

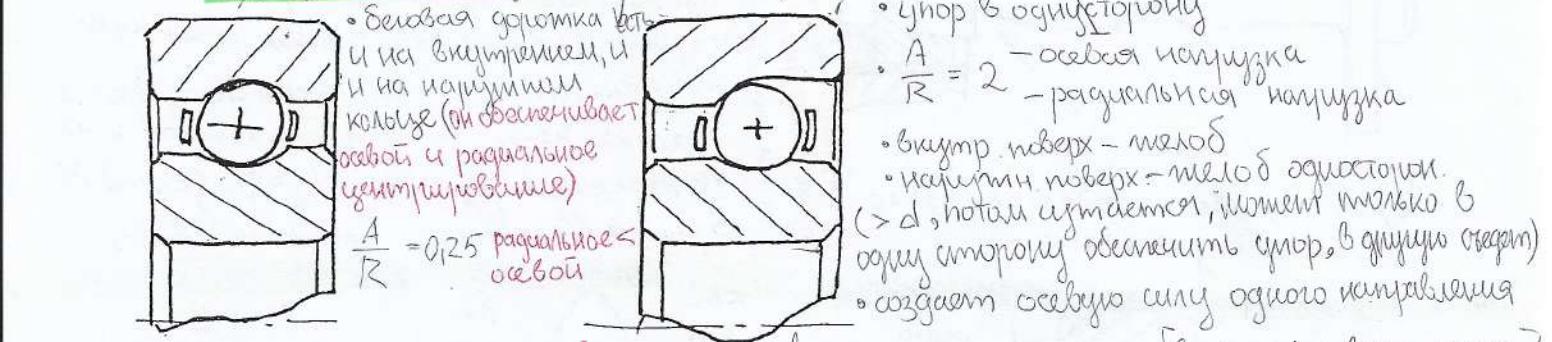
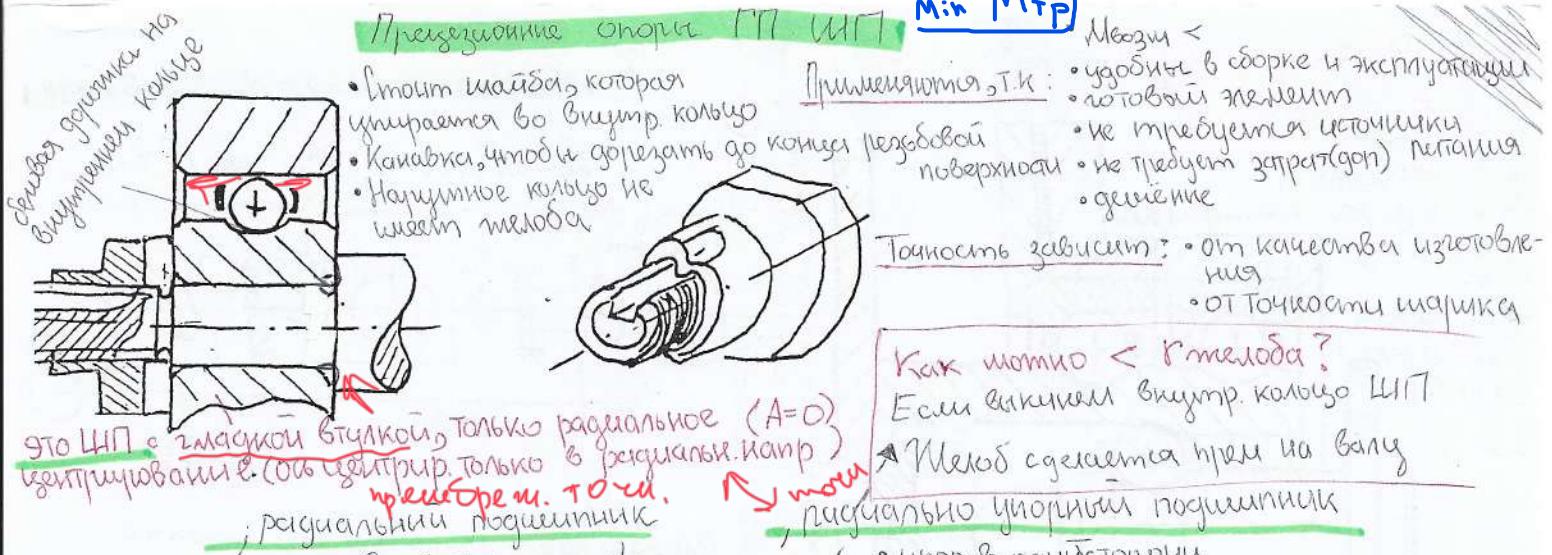
угол $\beta = \frac{2\pi(D_2 - D_1)}{D_2}$

$$\beta = \frac{2\pi(D_2 - D_1)}{D_2}$$

а) Коэффициент подачи

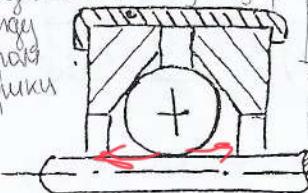
$$i = \frac{2J_1}{\beta} = \frac{D_2}{D_2 - D_1}$$

может быть склонение
использоваться один
двигатель и вал.



ИИГ с паским валом

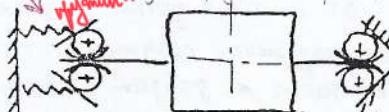
- паский валок
- без млоба
- наружная часть создана в виде скобки между кольцами



Основные схемы исполнений ГЛ-тв
прибора на ИИГ

Более плохая
• нагрузка и люфт не противостоят друг другу (должен быть отрегулируемый) - зажим не креп.

Г.к. при работе кипчается \Rightarrow ИИГ воспринимает усилие \Rightarrow для этого надо подушечки вставлять одну из опор, создавая силу натяга



• нагрузка и люфт не противостоят друг другу (должен быть отрегулируемый) - зажим не креп.

Г.к. при работе кипчается \Rightarrow ИИГ воспринимает усилие \Rightarrow для этого надо подушечки вставлять одну из опор, создавая силу натяга

Подшипник
Его использ., когда переваливающее направление нагрузки (курсовой прибор: рама в вертикальной пл-ти, краники ИИГ вспариваются бес. ног креп. ставят подшипник, мин. Мтр, только момент вращения)

(-) свободна только за сторона, т.к. с другой стороны подшипник

• 3 или 4 штук, т.к. 2
• обеспечивают хордальное центрирование
• нет центральных ГЛ-тв (+)

ИИГ с паским валом

2 радиально-упорные ИИГ, направление вращения они передают право, то есть от смешения

• 2 ИИГ с паским валом + 2 подшипника

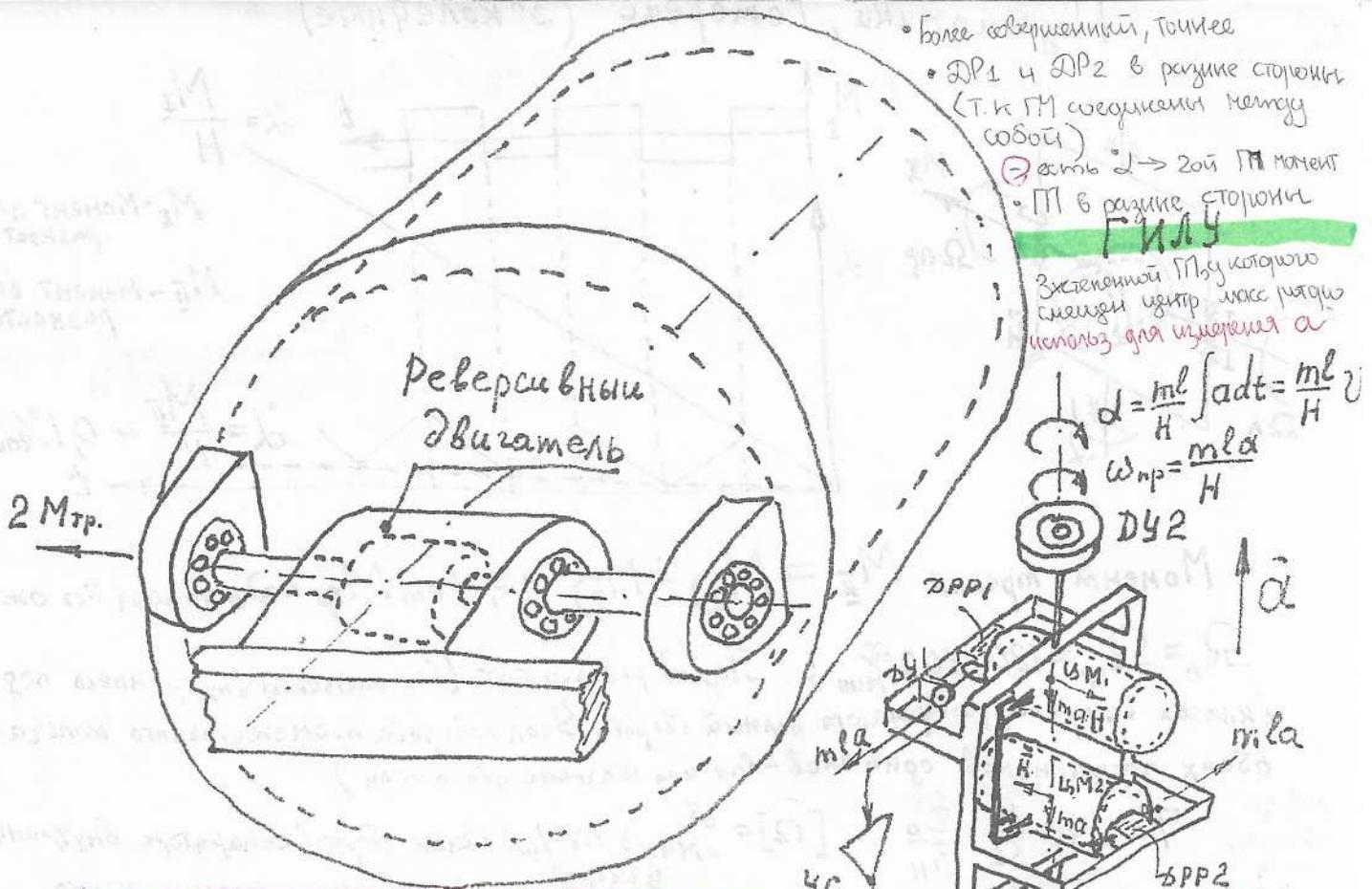
• узлы для поплавковых

• при вибрации подшипник к качкам стучит, если находится в поглощении, то никаких стуков не будет

Вид сверху

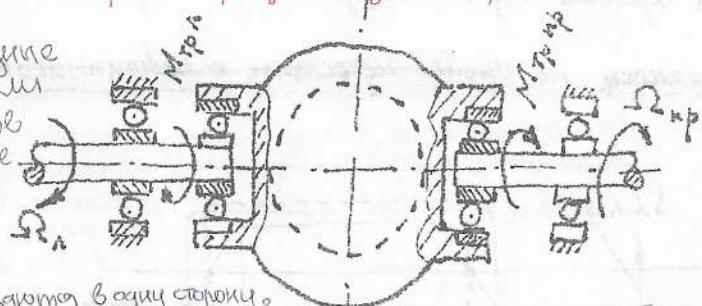
• шестигранник
• отверстия
• чистое
• чистое
• чистое

• обеспечивая центрирование ИИГ с ГЛ (радиальное)
• осевая обременяется 2мя шариками: на конец вала винкелями бобышками, выполняется складное отверстие. В него входит шарик, 2 гайки зажимают гайки \Rightarrow момент вращения



Можно ли добиться того же самого эффекта в 2x колесных ИМТ?
Скорость вращ. колес > скорости ПА

Вращает в разные стороны колеса, если будет реверсивное то будет тот же эффект, что и в 3x колесных



Если оба ИМТ вращаются в одну сторону то не интересует скорость вращения относительно наружного. Если они одинаковы, то они взаимно компенсируют момент трения.

• если одинаковые начальные вращения, то есть перекрестная чистая скорость ($<$ скорости ИМТ) - либо + эти скорости, либо - \Rightarrow противоположные скорости с двух сторон будут с разной скоростью

Нарушит ли M_{tr} ? \Rightarrow не будет четкой зависимости от скорости

Допустимая статическая нагрузка.

Родительский

$$R_{crat} = 12,5 Z_m d_m^2 [H]$$

$$A_{crat} = 15 Z_m d_m^2 [H]$$

$[d_m]$ мм

Задача на расчет R_c в системе:

Родительско-учебный

$$R_c = 12,5 Z_m d_m^2 \cos \beta$$

$$A_c = 16 Z_m d_m^2 \text{ при } \beta = 12^\circ; A_c = 20 Z_m d_m^2 \text{ при } \beta = 26^\circ$$

$$A_c = 23 Z_m d_m^2 \text{ при } \beta = 36^\circ$$

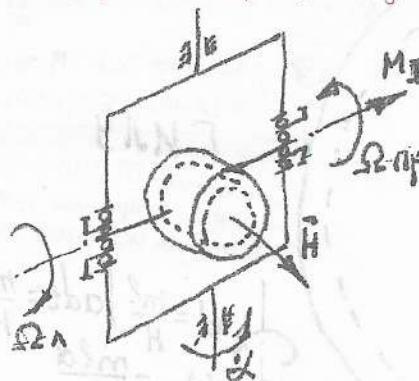
Когда есть калуженный ИМТ то шарик давит на боковую сторону и деформирует её

1) Сломянский Ю.А. и др. «Химия и хим. технологии, гидрохимический прибор», глава 1 изд. Машиностроение

2) «Гироскопические системы» под. ред. Н.Н. Красильщикова

Подшипники // Гомореис (3^й колечный)

Т.к. момент
каждого ряда \Rightarrow нормальное усилие



M_2 - момент первой разности

M_3 - момент второй разности

При наличии реверса остаточный момент сохраняется α_0

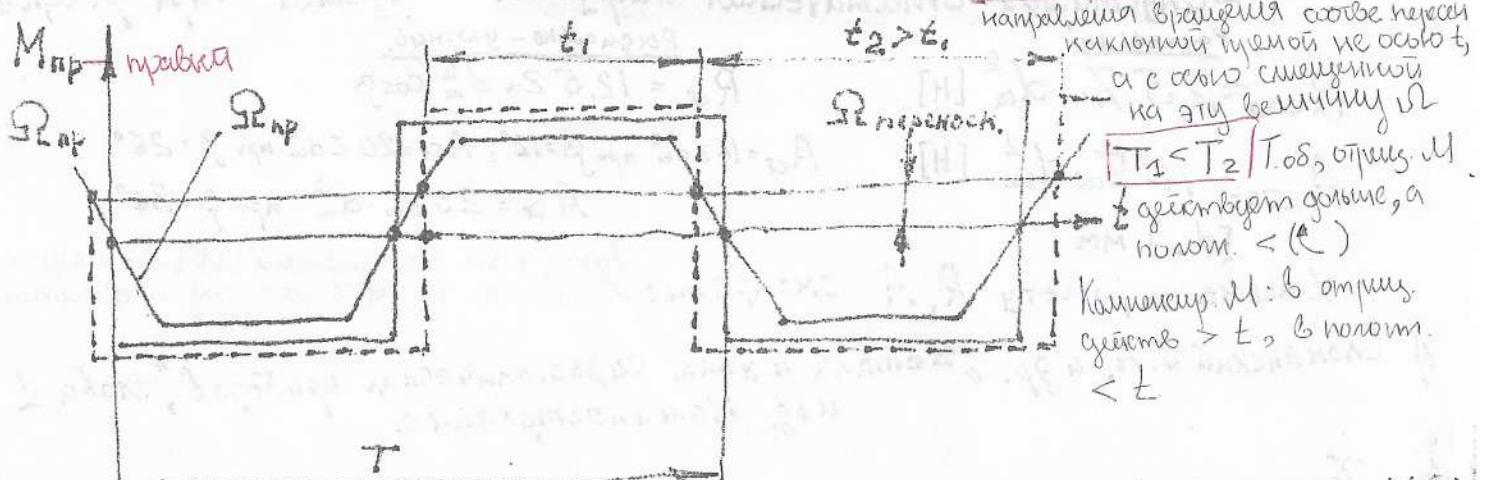
$$\dot{\alpha} = \frac{M_2}{H} \sim 0,1\%/\text{час}$$

Момент трения $M_{\text{II}} = M_2 - M_3 \sim 0,01 \text{ от } M_{\text{тр}}$ подшипника без отыскания

$\Omega_n = \Omega_{n,p} = 120-200 \frac{\text{об}}{\text{мин}}$; Период реверса опт. (все элементы будут в едином подшипнике включая сепаратор, составляют полной обороны). Числ. оборота промежуточного колеса у обоих подшипников одинаков - база или шаговая доля оборота

реверс оптимальный - $T^* = 240 \frac{\text{м}}{\text{об}} \cdot \frac{\Sigma_0}{D_H}$. $[\Omega] = \frac{\text{об}}{\text{мин}}$; $m=1,2-2$ час оборотов сепаратора в едином подшипнике подшипника, D_H - диаметр окружности шариков + из гренного подшипника. $D_H = 100 \dots 200$ мм - диаметр наружной базовой дорожки шариков фундаментного подшипника. $T^* = 100 \dots 200$ с

Влияние $\Omega_{\text{переход}}$ на сдвиг шариков с подшипниками, разбор



В какойто T на звездок в течение $t_2 - t_1$ действует звёздной момент $M_{\text{зв}}$.

Надо: $t_{\text{разбег}} \rightarrow \min$, $T^* \rightarrow \max$. Это рекомендации не годятся для единомашинных объектов с малым временным шагом. $T^* \approx 0,5 \text{ с}$

* При посадке ЧП с контактной смазкой часть величины момента, т.к. она передается ЧП

* При одинаковой нагрузке ЧП они имеют четко разные Мтр

Момент трения шарикоподшипников: спор Карданова подвеса (Мтр).

Мтр подшипника содержит следующие составляющие:

- Мтр колебания шариков по контактным поверхностям;
- Мтр скольжения и вращения шариков о контактные поверхности жголовов; (т.к. любо охватывает)
- Мтр скольжения шариков по поверхностям сепаратора;
- Мтр вращения пальцы при контакте с подшипником;
- Мтр, связанный с вязким сопротивлением движению шариков при контакте со смазкой.

Теория момента трения сложна, т.к. не рассчитаны уравнения и требуют знаний реальной геометрии беговых дорожек жголовов, шариков и целого ряда дополнительных параметров, таких как величина посадочного канала, колец подшипника на валу и в посадочное отверстие, погрешности формы посадочных поверхностей вала и отверстий, свойства смазочных жидкостей и т.д. *) Как правило комплекс указанных сведений инженер, проектирующий навигационный прибор, не обладает. Учитывая, что геометрия у Капсюльного экземпляра в поставляемой заводом-изготовителем партии шарикоподшипников отличается друг от друга и что Мтр подшипников разных поставленной партии шарикоподшипников могут иметь существенные различия, выполнение точных расчетов для инженера-конструктора приборов становится бесцеленным. Эти расчеты представляют интерес становящимся специалистам, имеющим отношение к проектированию и производству шарикоподшипников.

Прибористы же при выборе подшипников для приборов, как правило, пользуются данными, приводимыми в паспортных документах **) и проводят прикидочные расчеты Мтр с помощью простых эмпирических формул.

Примечание: *) С теорией расчета Мтр можно ознакомиться по учебнику "Гароскопическая система зв. III под ред. Ю.А. Лельсона § 5.1; 7.3 (§ 10.4 изг 1972г).
**) Гравированные в паспортах подшипников данные о Мтр. обычно являются завышенными, поэтому особое значение имеет экспериментальная проверка Мтр.

Момент трения

с двухколесные подшипники

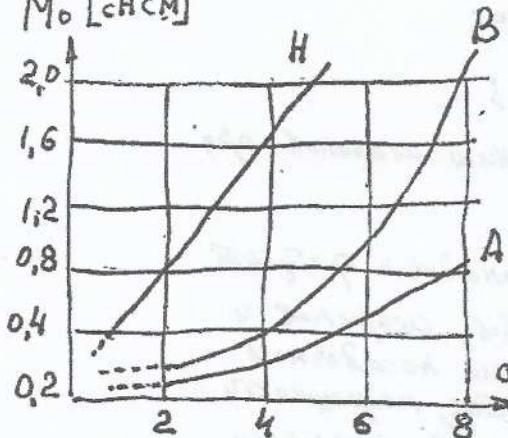
До - диаметр окружности шарика
ди - диаметр шарика

$$M_p \approx M_0 + (1,5A + 1,25R) \cdot \mu \frac{d}{d_i}; M_{\text{тр. трогания}} = 1,2-1,4 M_{\text{тр. движения}}$$

M_0 - момент трения ненагруженного подшипника.

μ - коэффициент трения = 0,0005...0,001 [см].

M_0 [сНсм]



Классы тонкости подшипников

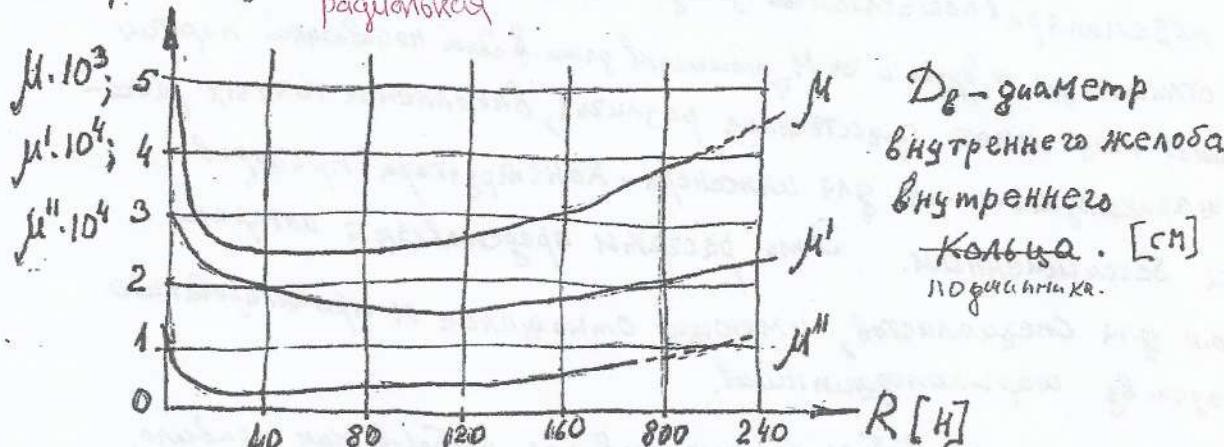
- H - нормальный $\rightarrow 0$
- P - повышенный
- ВР - Особо повышенный } 6
- V - высокий
- AB - Особо высокий
- A - премиальный
- CA - Особо премиальный } 5
- C - сверх премиальный - 4

d - диаметр внутреннего отверстия подшипника

трехколесные подшипники

$$\text{силы} M_{\text{тр.}} = 0,5 \mu \cdot D_B \cdot R; M_{\text{тр. I}} = 0,5 \mu' D_B R; M_{\text{тр. II}} = 0,5 \mu'' D_B R$$

радиальными



При наличии осевой нагрузки A на шарик радиально-упорного подшипника и на пяту:

(C 306095; C 300095)

$$M_{\text{II}} \approx (2,5 + 0,36A) \cdot 10^{-3} \text{ [сНсм]}$$

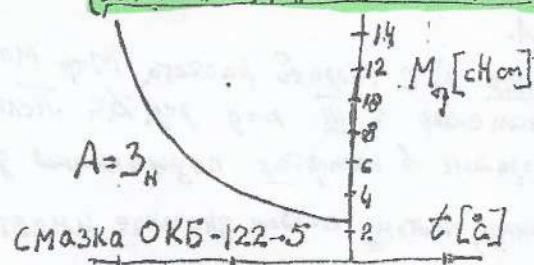
при нагрузке (на упорн. подш.)

$$M_{\text{II}} \approx (3,6 + 0,29A^{\frac{1}{3}}) \cdot 10^{-3} \text{ [сНсм]}$$

при нагрузке (на пяту)

Большой разброс $M_{\text{тр}}$ (~500%)

влияние смазки на $M_{\text{тр}}$ (2 колесные, радиальный подшипник)

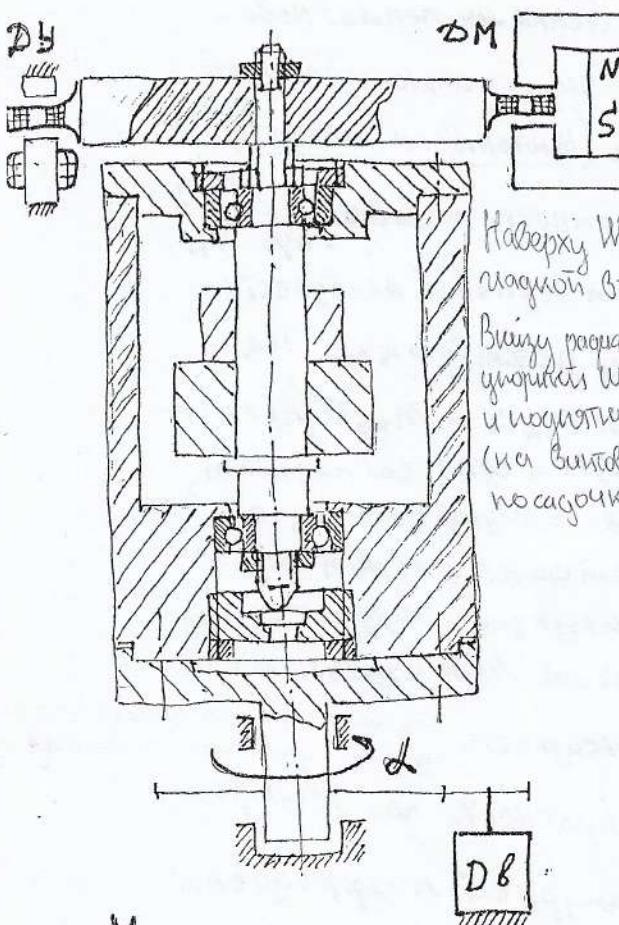


* если есть РП с несмазанным ИП и подтверждено его вибрацией, то все полость между наружным и внутр. колцами ИП должны быстро заполняться смазкой, шарик, когда движется, выталкивает смазку из колодка. Она окисляется окисью, поэтому окисления \Rightarrow поэтому неумно смазывать

* из-за смазки $M_{\text{тр}} \uparrow$

(Как реально выжить МТР?)

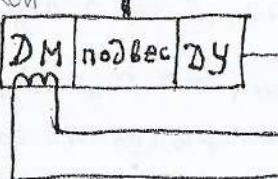
Экспериментальное исследование МТР.



Наверху МП с
избыточной втулкой

Внутри радиально
упорных МП
и подшипник
(или винтовой
носаючки)

M_{Tr}



R

U_{Bax}

Что усиливается

изделие

Суммируется

ДУ

Синус

Статическое равновесие

$$M_{Tr} = K_{gm} \cdot J_{gm}$$

$$U_{Bax} = \frac{R}{K_{gm}} \cdot M_{Tr}$$

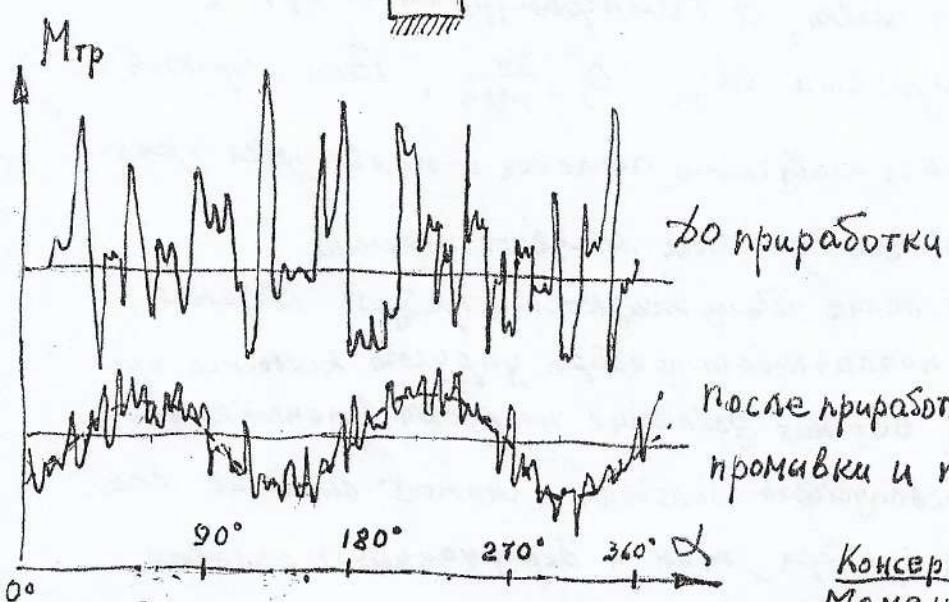
с ДУ усиливается и
передается на ДМ,

который удерживает вал от

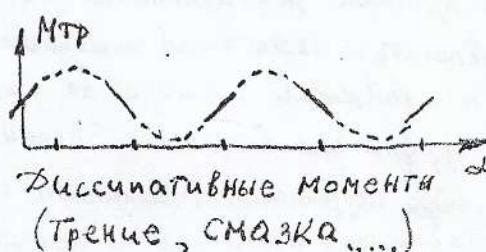
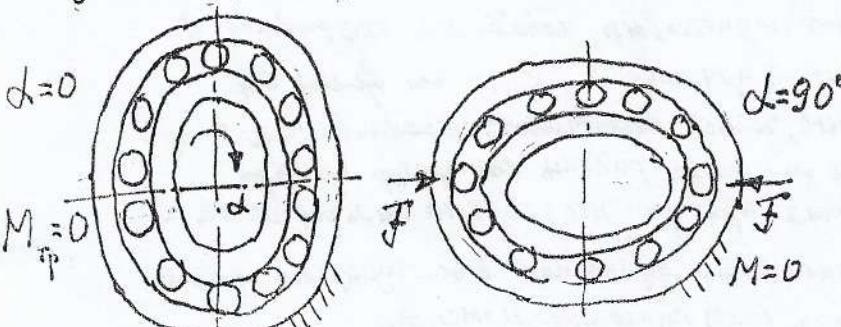
вращения.

Т.к вал не подвижен, то

МТР уравнивается
моментом ДМ



Консервативный
Момент от деформации
наружного кольца



То, что мы рассматриваем, недостаточно прецизионный прибор, получающий только $0,1^\circ/\text{час}$

- Эти приборы недостаточно точны при ударах и вибрациях

Имеется вал, на него надевается чулок, имитирующий изгиб МП. МП установлен в корпусе, корпус может вращаться относительно оси. Был направляющий, имеет привод и колеса редуктора, которые могут вращаться относительно стакана корпусу.

Когда начинает вращаться, то к валу будут приложены все возможные трения всех 91-ти подшипников. Вал будет увлекаться в ту сторону вращения, куда вращается

На этот же посыпана

сталь, на которой установлен

корпус начнет кривиться

он увлекает собой вал,

вал следит за корпусом

насколько колесо

изогнулось это усиливается

изделие

Суммируется

ДУ

Синус

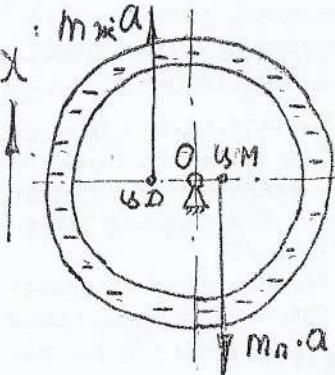
изделие

Суммируется

ДУ

Синус

Гидростатический подвес поплавковых приборов



(малый; чем Δ зазор, тем лучше работает)
Зазор между поплавком и стенками поплавковой
камеры заполнен вязкой жидкостью с большой
плотностью $\rho \approx 1,8 \dots 2,2 \text{ г/см}^3$ (Напитковская жидкость)

При равенстве средней плотности поплавка $\rho_p = \frac{m_p}{V_p}$
и $\rho_{ж}$ поплавок обладает нулевой плавучестью.

Т.к. $V_p = V_m$, то $m_p = m_m$ и действующие на
поплавок при ускорении α инерционные силы $M_{п.а}$ и $M_{ж.а}$ (Архимедова сила) равны. Если точки приложения сил ($УМ$ и $УД$) совпадают,
то при любой ориентации СЛ поплавок будет невозмущаемым, а
реакции в опорах поплавка равны нулю. Следовательно равным нулю
будет и момент трения в опорах. Эта ситуация нарушится при
изменении температуры Δt . Ось поплавка V_p очень мало изменяется при
 Δt (следовательно $\rho_p \approx \text{const}$), а плотность жидкости $\rho_{ж}$ изменяется ^{Все компенсируется за счет изменения объема} ^{Поплавок должен изначально скомпенсировать}

$$\rho_{ж} = \rho_{ж.о} (1 - \alpha_{ж.о} \cdot \Delta t), \text{ где } \rho_{ж.о} \text{ - плотность при результирующей}$$

нулевой плавучести поплавка, а температурный коэффициент
объемного расширения жидкости $\alpha_{ж.о} \approx 0,1 \frac{\%}{\text{градус}}$. Таким образом
при Δt нарушается нулевая плавучесть поплавка и появляется $\rho_{ж.о}$
при Δt в его опорах, вызывающие появление момента трения.

Температурное изменение объема жидкости требует введения
в конструкцию корпуса поплавкового прибора упругого компенсатора
(силфона или мембрани). Без них дополнительная плавучесть в поплавковой ка-
мере при нагреве может стать недопустимо большой и может вызвать как
разгерметизацию корпуса прибора, так и деформацию поплавка.

Силфон должен быть достаточно податливым, чтобы не создавать в
полости прибора недопустимого давления при нагреве. В то же время он
должен обладать достаточной жесткостью, чтобы обеспечивать сравнивание жест-
кости в поплавковой камере во всем диапазоне рабочих температур прибора
(-55°C ... +80°C), для этого в процессе заполнения прибора жидкостью силфоны растя-
гиваются. При подавлении жидкости некоторое образование в ней пузырьков паров,
взаимодействующих с поплавком и создающих возмущающие моменты

* Жесткость силфона температурно

* Жесткость сужки находится под давлением силфона

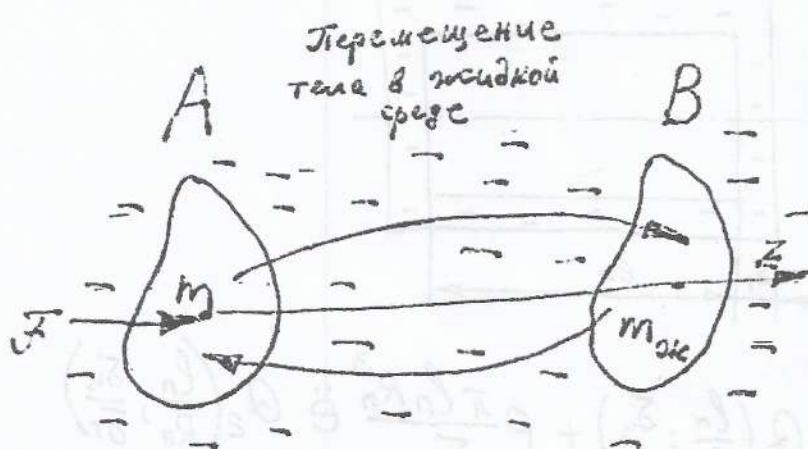
* Поплавок может быть цилиндрический, сферический

* Тяжесть воздуха

Берём только Ньютона

Прекрасно работает при $\alpha > 0$

Причудиенная масса жидкости



Z - ускорение и тело и другое

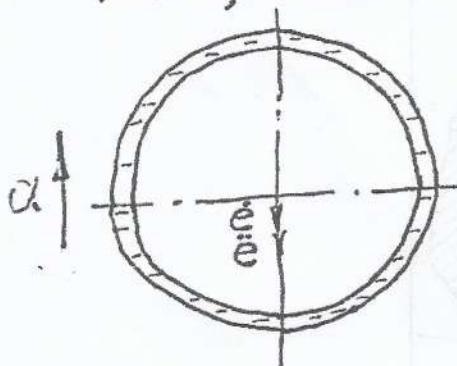
F - внешняя, вызывающая движение

Уравнение движения тела

$$(m + K \cdot m_{жк}) \ddot{Z} + B \dot{Z} = F$$

$K \cdot m_{жк}$ - присоединенная к телу масса жидкости.

В свободной жидкости коэффициент K , зависящий от формы тела, близок к 1 ($K \approx 1,1$)



Уравнение движения

поплавка
при ускорении α

$$(m_{п} + m_{жк} \frac{R}{\delta_y} Q_2) \ddot{\theta} + B Q_1 \dot{\theta} =$$

инерц. сила привед. т. массы

$$= (m_{п} - m_{жк}) \cdot \alpha$$

e - смещение

Q_1 - торцевое течение движение

R - радиус поплавка

δ - величина зенита/колея

Q_2 - покидает, что инерц. сила \downarrow
т.к. не вся масса течет торцевой щелью
через торцевую щель

Откуда большая Гинер?

В поплавковом приборе происходит редукция ускорения. Масса та же самая, т.к. течёт по колеевому пути, то нужно сделать большую редукцию ускорения.

Поплавок почти невозможно смеять

Так перемещение

тела m из положения

A в положение B

мы одновременно перемещаем

второе тело такой же формы

Как m из положения B в

положение A. Второе

тело имеет плотность, равную плотности жидкости.

В поплавковом приборе при смещении поплавка в жидкости $m_{жк}$ может перемещаться только вокруг поплавка по длиной и узкой колеевой щели (если торцевые области закрыты). При этом жидкости должно быть сообщено очень большое ускорение

$$\ddot{\theta}_{жк} = \ddot{\theta}_п \frac{R}{\delta_y}. \text{ Физически при движении}$$

поплавка на расстояние e перемещается масса вытесненной поплавком жидкости $m_{жк}$ но из-за того, что гидростатическое давление вдоль торцевой щели с ускорением $\ddot{\theta}_{жк}$

потребуется приложить к поплавку очень большую силу. При этом произойдет

редукция ускорения, а не массы, но убывает

относительно этого эффекта на сей раз присоединенной массы, поплавок, это оба тела

Члены состава могут быть разные
Температура плавления
у бис + центр. газов +

труба

Алюминий

Водоизоляция

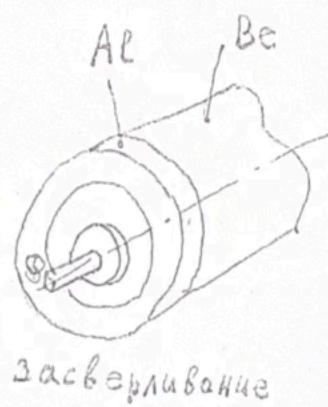
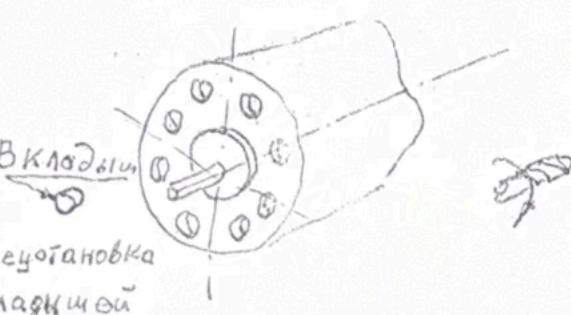
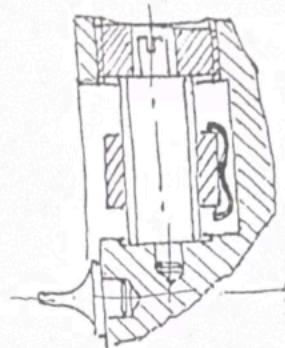
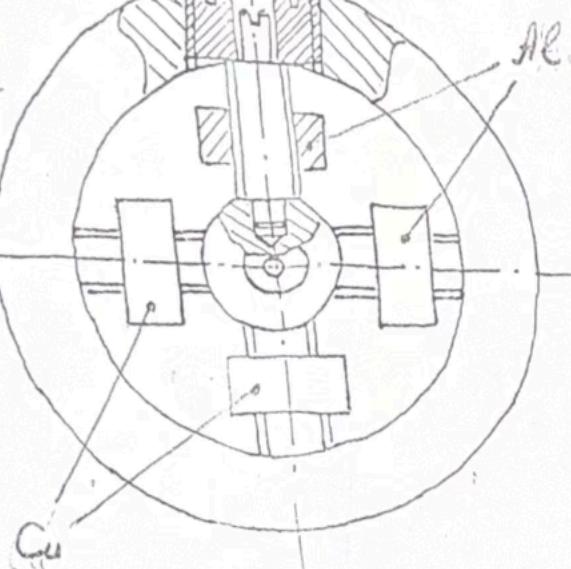
при $t = 90^\circ\text{C}$
и остынет
до комнатной
температуры.

$t_{\text{рабочая}} \leq 80^\circ\text{C}$

сплав Висаг

Медь

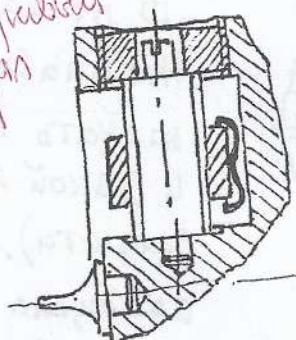
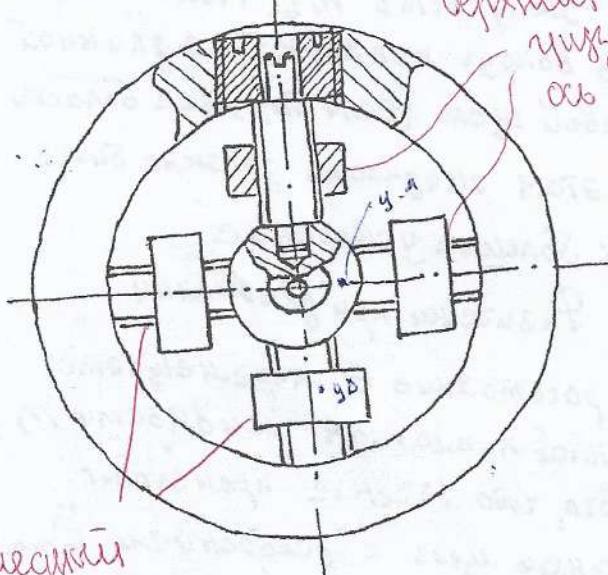
балансировочная
антица



у-чулочно
т-горизонтальное

Вид сбоку

верхний и нижний
чулок винт
ось из Al



весит

Грузики сидят на винтиках, которые можно перемещать из Al другий из патухи. С помощью этого установки можно сделать горизонтальны

один чулок сделаем
смещать центр масс, тогда

у.м. вверх, что чулок делает? чтобы не мешался у.м., если движение

грузика будет несимметр, то изменится у.г.

чулок смещает левый грузик, это и обеспечивает перенесение у.м.

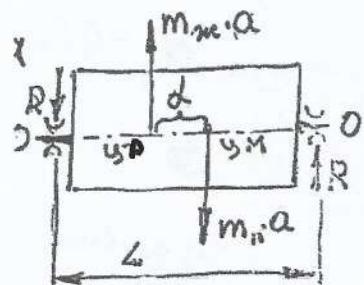
* нужно регулировать положение так, чтобы дифференция не было. Если есть ускорение a_1 , то будет 2 силы:

Общая балансировка прибора

Фарх 4. МнА

Безбалансировка - несбалансироване m_M , m_D и оси подвеса ОД, обеспечиваемой центрирующими элементами (опорами поплавка).

Дифференциал - смещение U_M и U_D на величину Δ

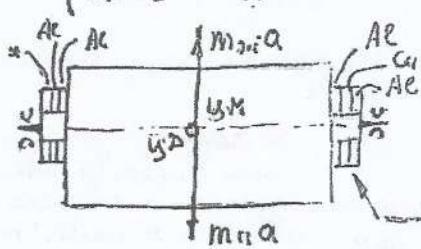


Реакции в опорах будут иметь место и при нулевой
подвеске поплавка ($m_H = m_{Hc} = m$)

$$R = \frac{m \cdot a \cdot l}{\Delta} \quad \text{— наибольший момент трения
о опорах.}$$

1) если обесцегит $d=0$ необходимо: 1) правильное распределение
массы в поплавке

2) устройство остаточных дифференций: первичная балансировочная грузы (иначе подрезают свой овал, наплавленного на горчевое элементы поплавка)



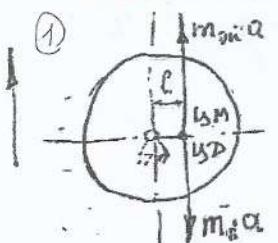
Внутри поплавка ГМ, справа ротор ДМ, слева ротор ДУ. Мотор может сдвигать вправо/влево, чтобы U_M и U_D совпадали, тогда моментов не будет.

Экспериментально: на левую и на правую плавки шайбы, справа лежат 1 и 2 АЛ, слева 2 медные и

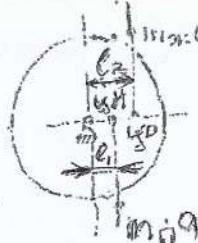
балансировочные 1 и 2 АЛ. При переключении АЛ меняется точка смысла моментов между собой меняет. Плавает поплавок, но правда, что левая не всплывает

Радиальная балансировка поплавка

t° меняется $\rightarrow F_a$ меняется



$M_{разр} = 0$
только
при температуре
нулевой излучатель



$M_{разр} = 0$
только при
одном значении температуры

Небходимо проводить балансировку при 2-х значениях температуры

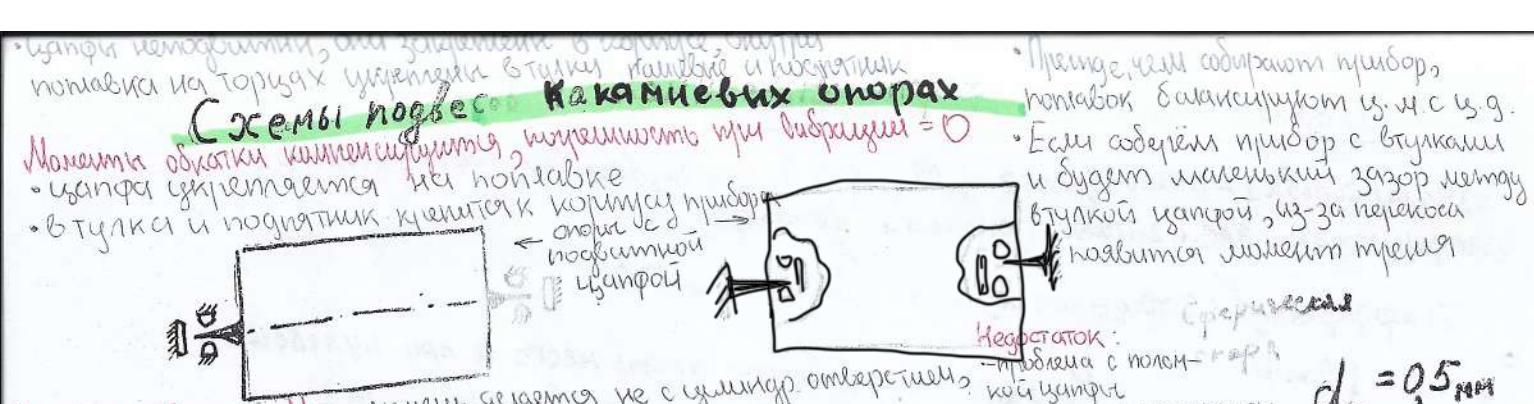
Изменяя t_2 до 0° получаем $M_{разр} = 0$, $R = \text{const}$ (не зависит от t). Далее изменяют t_1 и проводят балансировку до уровня $M_{разр} = 0$. Процесс называется радиальной балансировкой поплавка.

Определим $M_{разр}$ от других небольших возможных поправок
изменений массы плавки: разбором поплавкового прибора на 180° . При этом $M_{разр}$ меняется, и это не является возможным
изменением знака R : изменением.

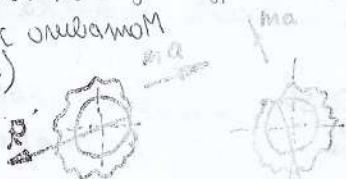
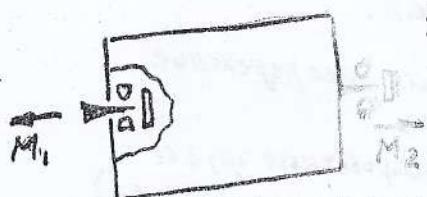
Прибор после
сборки отдаёт
на закалку, нагрев
тёпл., закалывают
из-за землянок
нагревают
перегревают

① когда U_M и U_D совпадают, то сдвигение поплавка прекращается, $F_{арх} =$ весу поплавка
Момент радиальной балансировки отсутствует, пока сохраняется величина t°
Как вывести момент радиальной балансировки? Радиальная балансировка в 2x различных температурах (балансировочные массы)

+ поплавковые приборы работают $t^{\circ} 0,5-60^{\circ}$ (при отриц. t° массы не есть)



Чтобы избежать М_{тр}, камень делается не с цилиндром отверстием, а со скрученной нос-стопо - камень с овалом (специальное утолщение в центре)



- Причем, если сдирать прибор, контакт блокируется из-за сцепления.
- Если содержит прибор с втулками и будет маленький зазор между втулкой и цапфой, из-за перекоса появится момент трения

Справка

Недостаток:

- проблема с полем
- кольца
- трудность замены контакта
- цапфа из МТМ
- (шайба, момент замены)

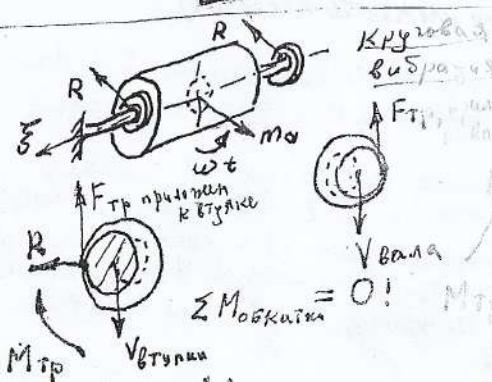
Карбидвольфрам

$$d_{eq} = 0,5 \text{ мм}$$

Втулка без овала
однородный круг.
(разъемная).
 $d_{eq} = 0$

Втулка с овалом
однородный круг
(разъемная).
 $d_{eq} = 0$

Задача о вращении
втулки втулки



Как оценить силу реакции? ($M_{tr} = 0$)
реакция в опоре должна быть нормальной к поверхности цапфы, реакция проходит через центр цапфы, иначе нет

- + она нормальна цапфе, это хорошо, но когда она покидает цапфу, это плохо
- нет МТМ для того чтобы

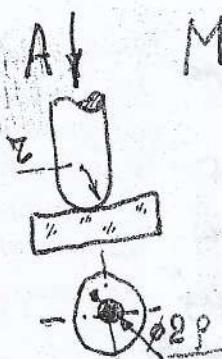
Момент трения в Каневских опорах

коэф. трения стали

$$M_{tr} = \frac{1}{2} \mu R d_3$$

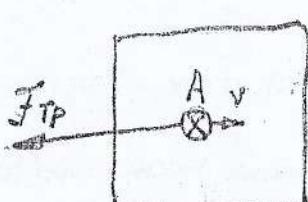
$$\mu = 0,13 \dots 0,14$$

$$M'_{tr} = \frac{3}{16} \pi r^2 p A \quad \rho = 0,85 \sqrt{A} \left(\frac{1}{E_p} + \frac{1}{E_n} \right)^{-1}$$



Характеристики
и библиотека изображений

Эффект Ж. Ж. Жуковского



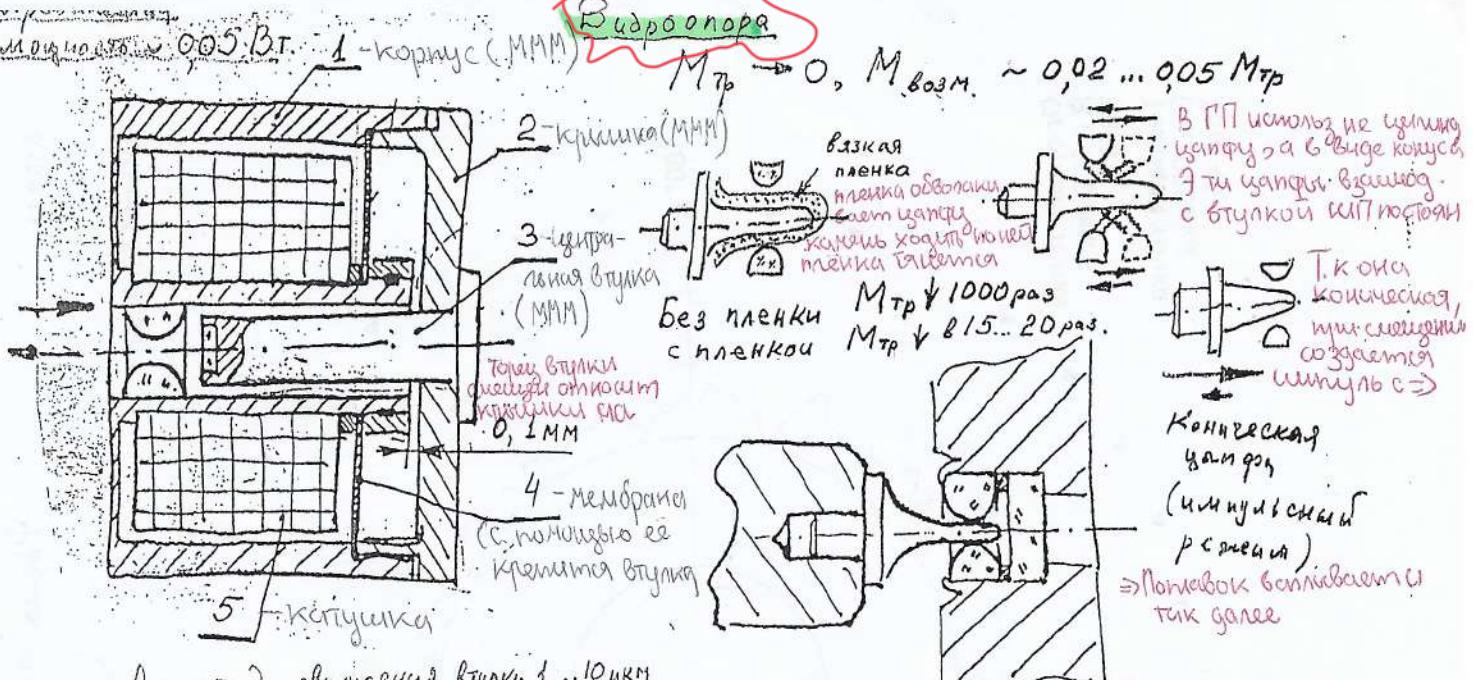
$$F_{Tp} = \mu A$$

$$V_1 \quad V_2$$

Изменение трения

$$V=0 \quad F_{Tp} > 0$$

Зависим от V , $V=0 \Rightarrow M_{tr}=0$



Амплитуда давления в втулке 1...10 мкм

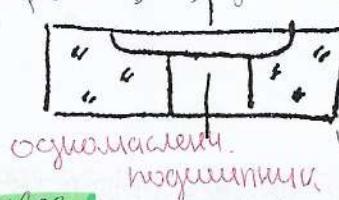
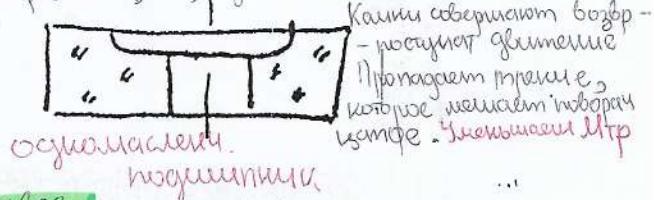
Воздушковая силы $\sim I$



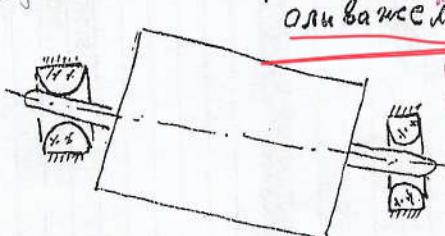
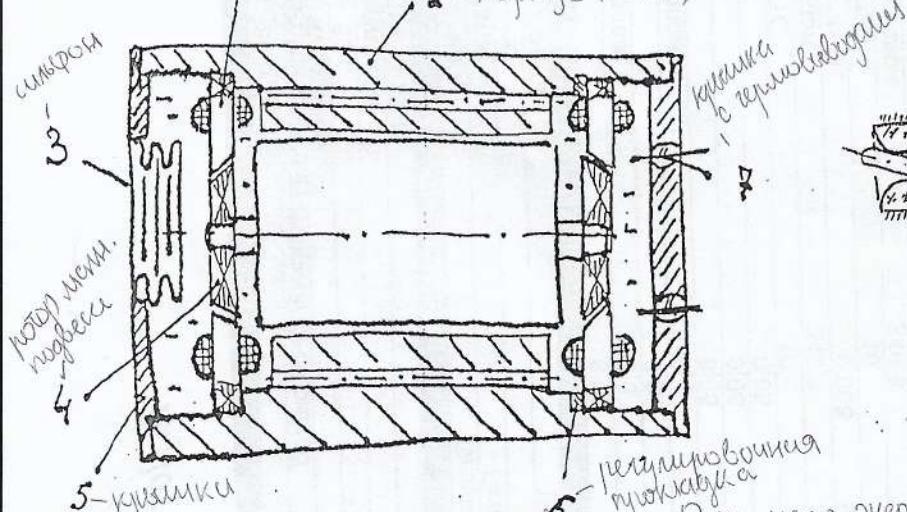
Принцип действия

Через катушки 5 током переменного тока возникает МТ, проходит по центральной втулке через зазор 100 микр на пружину \Rightarrow по корпусу \Rightarrow мембрана \Rightarrow корпус \Rightarrow втулка

Важно, что если МТ в зазоре, возникает электромагнитная сила в зазоре. Она притягивает втулку к крышке. Зазор \downarrow . Мембрана удерживает втулку в заданном положении. И меняет направление, \uparrow , возникает ЭМ сила.



Капаки свершают воздух - распределяют давление
Пропадает трение, которое является первичным изм. Уменьшает M_{tr}



Нет заклинивания при
перекосах.

Достаточно сложные устройства, потребляет $> P_0$ но мало энергии (1-1,5 Вт)

• Направляется пульс \rightarrow масса расширяется

• Сделаны из пластика имеют быть тонким, что затрачивается. Чтобы это не было, втулку можно сделать отверстия (свободные катушки)

• Мембранный истощаем 0,1 мм \rightarrow делают преобразовательную сборку пульса

Форма опорных во втулке с отверстиям
(розетка).

Taylor Hobson
PRECISION

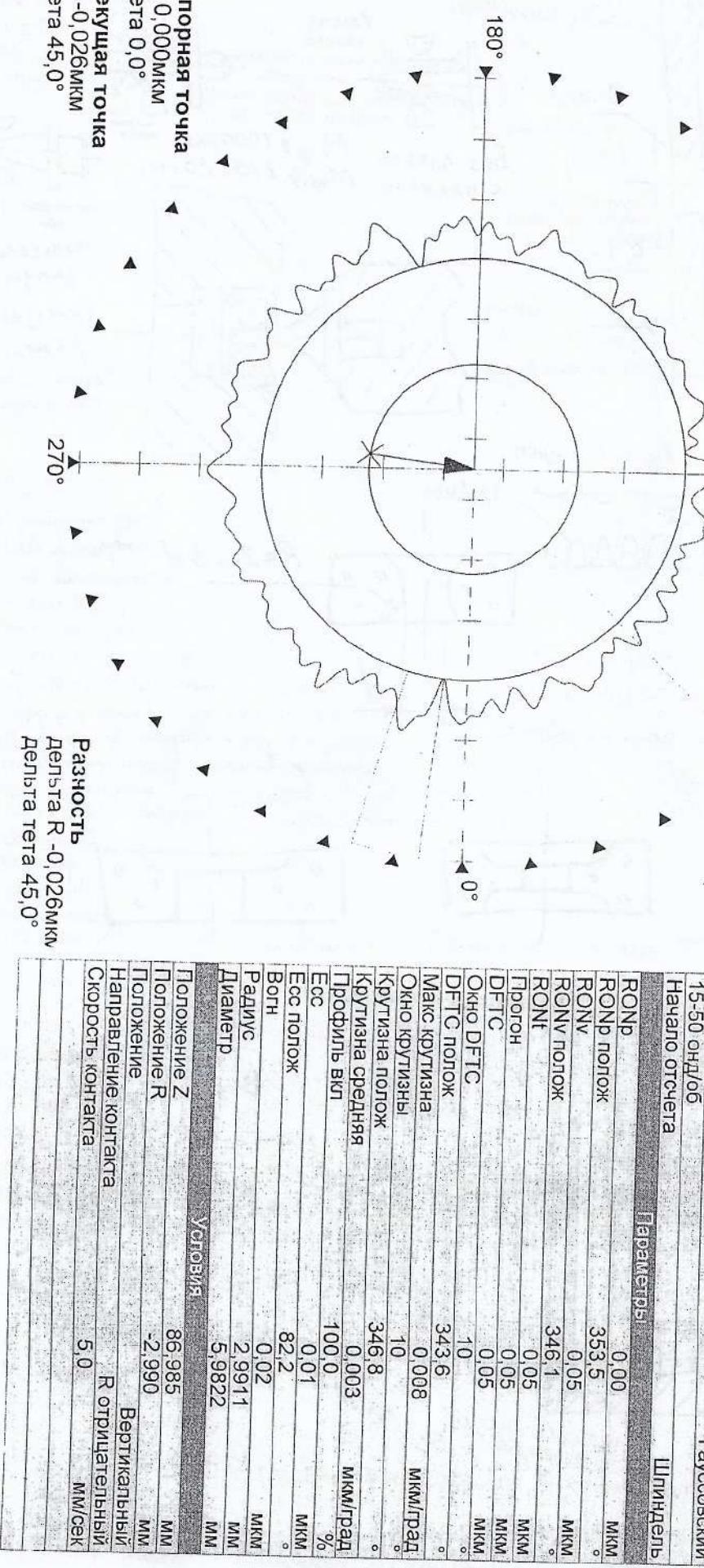
Масштаб 50чм/деп.



камень 80 о	Круглость
RON/Oкружность M/Gaussовский/15-50 онд/об	
06.12.2010 14:28:06	
камень 80 о	
360°/Admin/lt365	
06.12.2010 14:27:12	

Опорный тип	Параметр
Тип фильтра	Окружность M/Gaussовский
15-50 онд/об	
Начало отсчета	

Параметр	Шиндель
RONp	0,00
RONp поток	353,5
RONv	0,05
RONv полож	346,1
RONT	0,05
Прогон	0,05
DFTC	0,05
Окно DFTC	10
DFTC полож	343,6
Макс крутизна	0,008
Окно крутизны	10
Крутизна полож	346,8
Крутизна средняя	0,003
Профиль вкл	100,0
Ecc	%
Ecc полож	0,01
Вотн	82,2
Радиус	0,02
Диаметр	2,9911
Положение Z	86,985
Положение R	-2,990
Положение	5,9822
Направление контакта	Вертикальный
Скорость контакта	R отрицательный
Разность	5,0
депьта R -0,026мкм	мм/сек
депьта тета 45,0°	



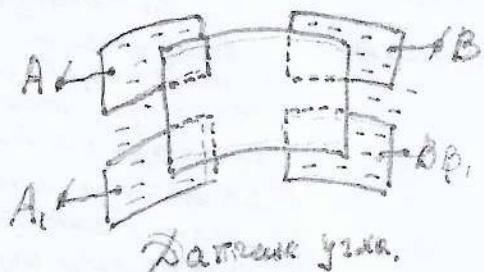
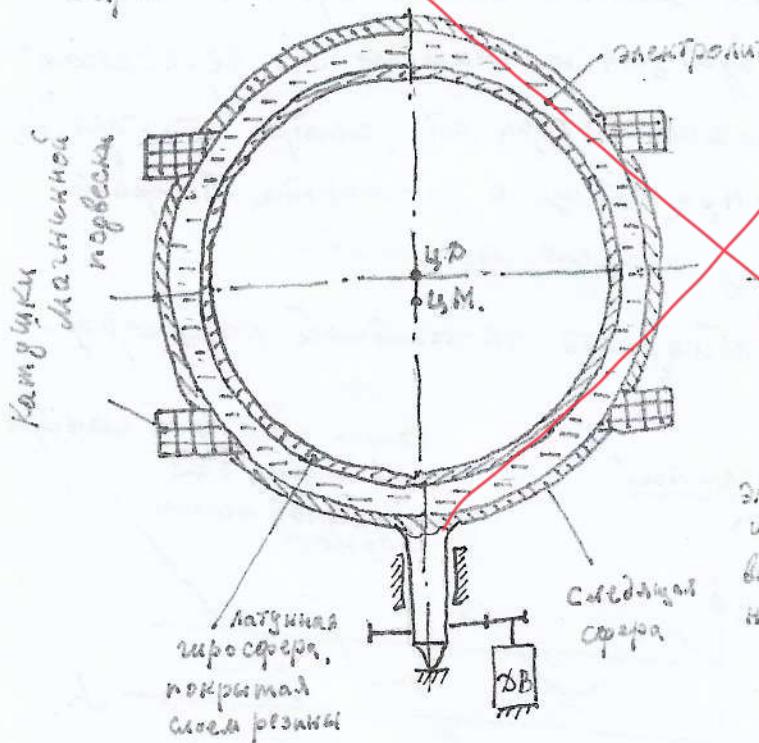
Опорная точка
R 0,000мкм
Тета 0,0°

Текущая точка
R -0,026мкм
Тета 45,0°

Лекция № 8

н/а System (c)

Гирокомпас Альтюнч.

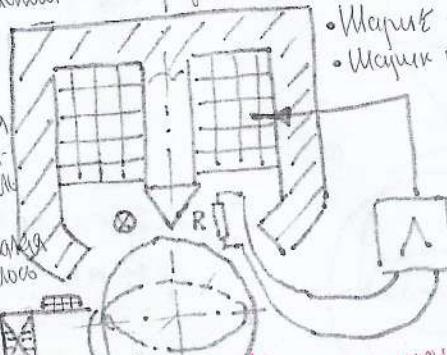


Система

излучения и приема

Вход электромагнит с координатами и магнитными

- Шарик из Магн.материала
- Шарик крахмальный



Излучают специальную ориентацию шариков
когда в с. момента становятся
вертикальной и магнитной

поляризации.

Шарик магнитик, под действием магнита Магнета,
ПМ прецессирует в направлении северного полюса. Потом шарик
обратно;

Нагревают катушку с датчиком вибратор источник питания. Как это
обеспечивается? Есть сеть токонесущая
трансформаторная, которая создает I в катушке. Рассмотрим ее и раскроем. Есть определенные
с шариками.

Назад на гирокомпас

И стрелою на север, при вращении
Земли, И все еще на север, но
магнитик уходит из m-ти
меридиана, под действием
магнитного маневриста ГП начиняет
прецессию, но неизв. прецессии и
уходит из m-ти меридиана.
Тогда из-за вращения Земли
будет опускаться ...



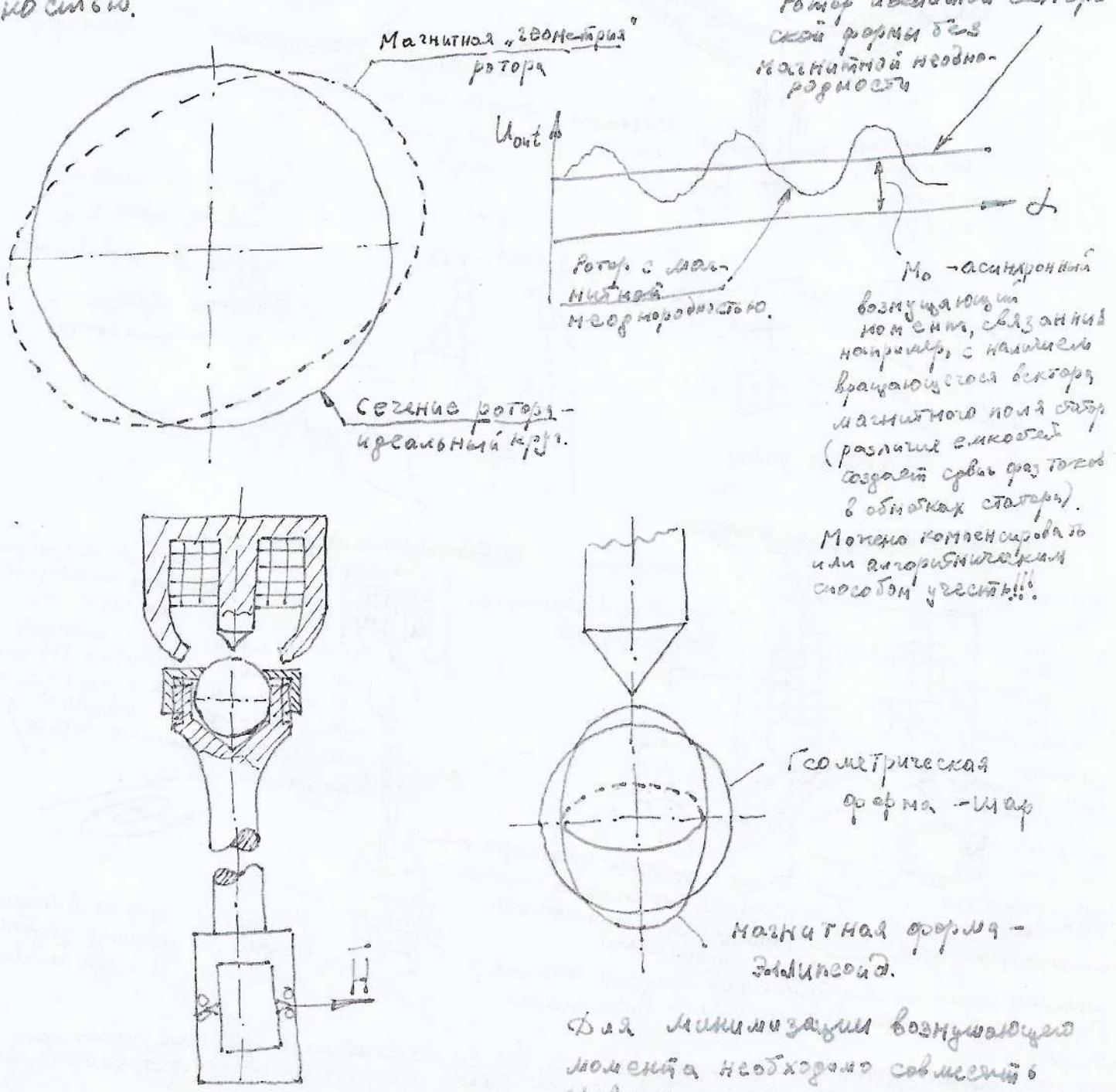
ПМ прецессирует влево
сторону, который загружает
коаксия, И снова на север

3

Неоднородность магнитного материала ротора.

Геометрия ротора может быть идеальной. Если же магнитного материала $\rightarrow \infty$, то магнитные силовые линии нормальны к поверхности ротора и равномерно будущий магнитных сил пересекают ось (диполярную) ротора. Отклонения ротора от центра статора δ , не приводят к появлению возмущающего момента. Равнота ротора также не создает возмущающего момента.

Материал ротора может обладать магнитной неоднородностью.



Для минимизации возмущающего момента необходимо совместить плоскую ось эллипсоида с осью

Запитывается в I_1 , обеспечивает **ресурс магнитов** **bearing**
обеспечивает **воздушное зазор**

+ более тихий
• $M_{tp} <$

статор с
обмотками
издупливости
расщепленных

Максимальный подвес разомкнутого типа для регулируемого подвеса
статор и ротор сдвоенными
издупливостью

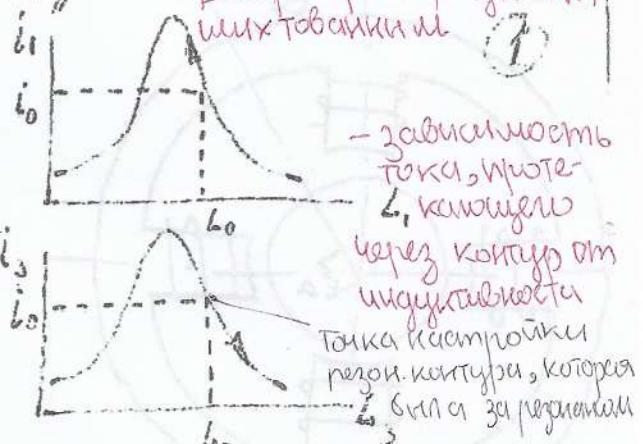
Максимальная скорость вращения (или ротор)
(МММ)

- зависимость
тока, врача-
ющей
машиной
через контур от
издупливости

Г - активные сортирующие клетки

L-активное сочт
T-стали-6 машинок

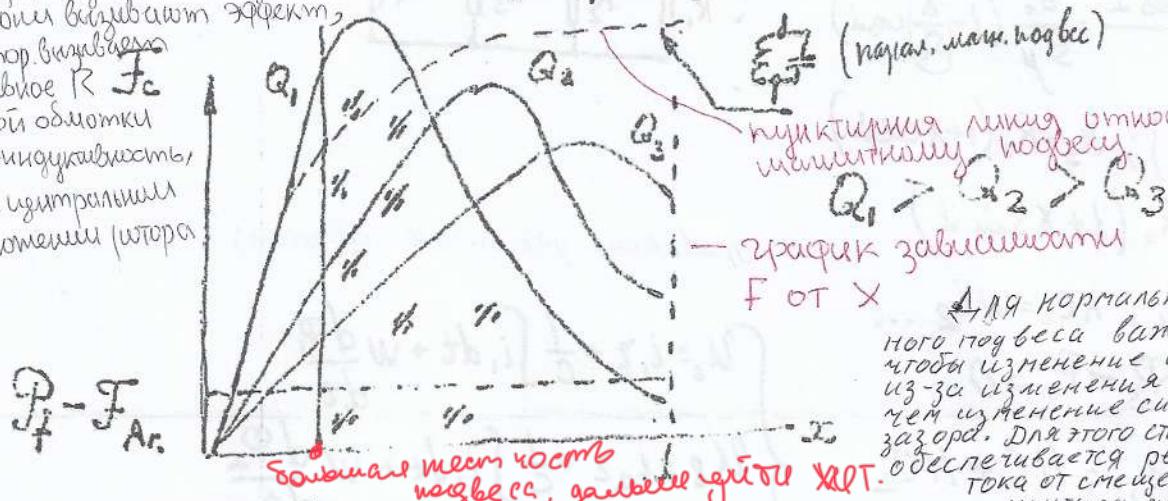
$$\text{Используя соотношения (которые получены) } \underline{\text{стали в задаче}} \text{ из которых находим } F = K_{MB} (Q-2) \cdot \frac{x}{1 + K_1 x^2 + K_2 x^4}; \quad x = \frac{I}{\delta_0}$$



- Korrigierte Lösungen für $R =$
umgekehrtverhältnis proportional
proportional, I_{\max}

из которых набраны
по типу наборных токи
стеклянной втулкой

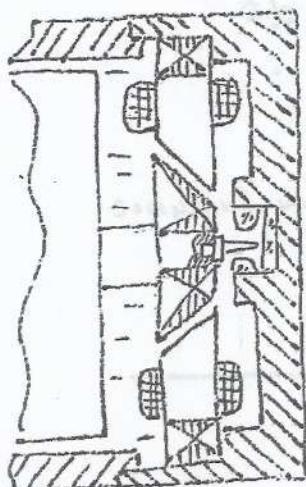
которое является активное R Fe
свой обломки
La-индуктивность
при центральном
положении второго



пунктирная линия, симметрическая
симметрическая, носовая.

— график зависимости F от X для нормы

Для нормальной работы магнита
нога подвеса должна сделать так,
чтобы изменение центрирующей силы
из-за изменения тока было больше
чем изменение силы из-за изменения
зазора. Для этого ставится ёмкость,
обеспечивается резкая зависимость
тока от смещения. (Удобротность
контура должна быть больше 1)



• зазор min 20 мкм

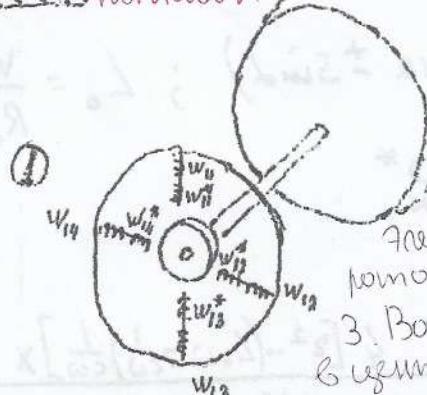
• если добавляю в макароны то получается вкуснее

↳ необходимо учесть
↳ температурные сдвиги
↳ времени постройки

изучения
стареть не
отклонять
подавок

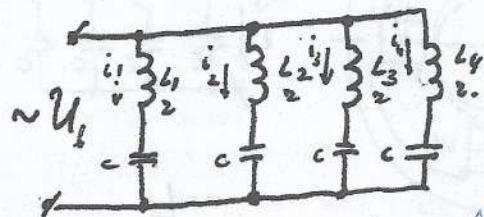
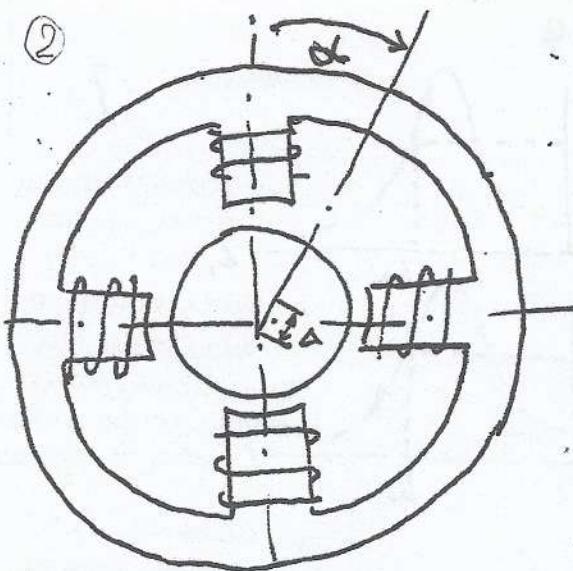


На все потери накладываются ограничительные катушки, накладывающиеся с теми же катушками сверху на весь сортимент.

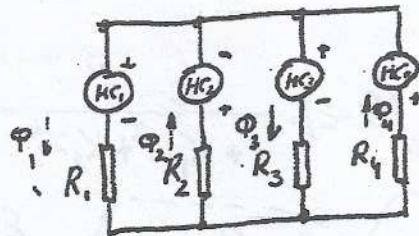


Ротор опускается вниз к полюсу №3. Л
одинаков I_1 . С I_1 , I_2 , W_2 L_2 , т.к.
зазор l_1 , I_1 . Родство токов нивелирует
ЭМС силу. Т.к. находится за резонансной частотой
хар-ки. I_1 в 1 контуре, вызывается большая
электромагнитная сила, которая притягивает
ротор в меньшую, которая притягивает к
3. Возникает сила, которая возвращает ротор
в центральное положение.

②



Δ - зазор

Δ - угол смещения
X - относительное смещение

$$R_1 = \frac{\delta_0 - \Delta \cos \Delta}{S \mu} = \frac{\delta_0}{S \mu} \left(1 - \frac{\Delta}{\delta_0} \cos \Delta \right)$$

$$R_2 = R_0 (1 - X \sin \Delta); \quad R_3 = R_0 (1 + X \cos \Delta)$$

$$R_4 = R_0 (1 + X \sin \Delta)$$

$$HC_1 = W i_1; \quad HC_2 = W i_2 \dots$$

$$\begin{cases} \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 - \Phi_4 = 0 \\ \Phi_1 R_1 + \Phi_2 R_2 = HC_1 + HC_2 \\ \Phi_1 R_1 - \Phi_3 R_3 = HC_1 - HC_3 \\ \Phi_1 R_1 + \Phi_4 R_4 = HC_1 + HC_4 \end{cases}$$

$$U_1 = i_1 Z + \frac{1}{c} \int i_1 dt + W \frac{d\Phi_1}{dt}$$

$$U_2 = i_2 Z + \frac{1}{c} \int i_2 dt + W \frac{d\Phi_2}{dt}$$

.....

$$Z = Z_{\text{катушка}} + Z_{\text{стали вносимое}}$$

$$\dot{\Phi}_{1,3} = \frac{WU}{R_0} \frac{Z(1 \pm X \cos \Delta) + j[L_0 \omega - \frac{1}{c\omega}(1 \pm X \cos \Delta)]}{[Z + j(L_0 \omega - \frac{1}{c\omega})]^2 - (Z - j\frac{1}{c\omega})^2 \frac{X^2}{2}}$$

$$\dot{\Phi}_{2,4} = \dots \quad (\text{замена } \pm X \cos \Delta \text{ на } \pm \sin \Delta); \quad L_0 = \frac{W^2}{R_0}$$

$$F_K = \frac{\Phi_K^2}{2 \mu_0 S} \quad ; \quad \Phi_K^2 = \dot{\Phi}_K \cdot \dot{\Phi}_K^*$$

$$F_{3H} = (F_1 - F_3) \cos \Delta + (F_2 - F_4) \sin \Delta = \left(\frac{WU}{R_0} \right)^2 \frac{1}{2 \mu_0 S} \frac{4 [Z^2 - (L_0 \omega - \frac{1}{c\omega}) \frac{1}{c\omega}] X}{[Z^2 - (L_0 \omega - \frac{1}{c\omega})^2 + Z^2 \frac{X^2}{2} + \left(\frac{1}{c\omega} \right)^2 \frac{X^2}{2}]^2 + [2Z(L_0 \omega - \frac{1}{c\omega}) + \frac{2Z X^2}{c\omega}]^2}$$

$$L - (L_0 \omega - \frac{1}{C\omega}) / C\omega < 0$$

условие
устойчивости.

Настройка на 2 токку половинной мощности:

$$P_{\text{рад}} = \frac{1}{2} P_{\text{рез.}} ; P_{\text{рад}} = J_{\text{рад}}^2 \cdot Z = \frac{U_0^2}{Z}$$

Эти 2 уравнения определяют работу магнитного подвеса, настроенного на 2-ю токку

$$P_{\text{рад}} = J_{\text{рад}}^2 \cdot Z = \frac{U_0^2 \cdot Z}{Z^2 + (L_0 \omega - \frac{1}{C\omega})^2} = \frac{U_0^2}{2Z}$$

$$\boxed{L_0 \omega - \frac{1}{C\omega} = Z}$$

$$\frac{\omega}{Z} = Q$$

Условие устойчивости $Q > 2$

Q -добротность

$$F_y = \left(\frac{wU}{Z R_0} \right)^2 \frac{Q-2}{2 \mu S} \cdot \frac{x}{1 + (Q-1)x^2 + \frac{Q^2(Q-2)^2 + 4(Q-1)^2}{16} x^4}$$

при малых x

$$F_y = \left(\frac{wU}{Z R_0} \right)^2 \frac{Q-2}{2 \mu S} x$$

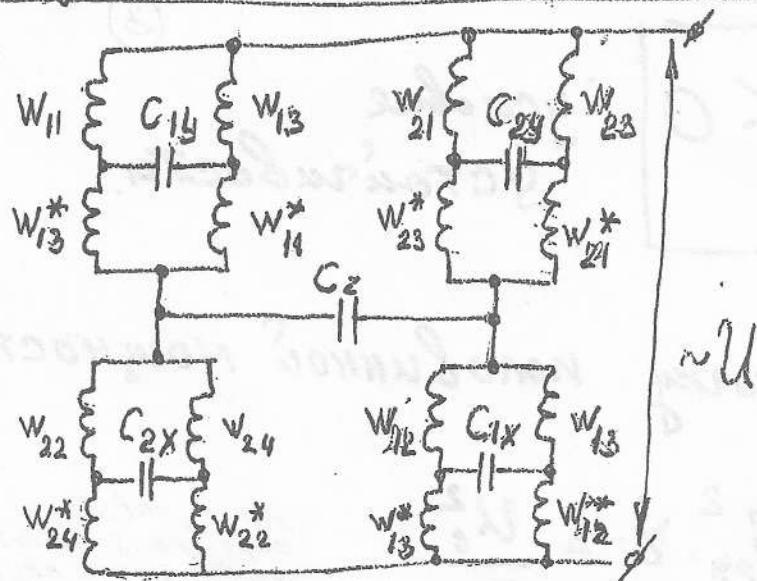
крутизна

Если $Q < 2$, то он не центрирует, не притягивается к магнитному подвесу

$P_{\text{рез}}$ - резонансная мощность

При резонансе только активное сопротивление

Bridge resonance magnetic bearing.



Ч полюса, всего обмоток 16

W_{11} - катушка, номер 1
магн. подвеса 1
полюса

C_z - общая ёмкость

C_{1y} - смещение по вертикали
ротора 1 подвеса

C_{2y} - смещение по вертикали
ротора 2 подвеса

C_{1x}, C_{2x} - смещения горизонтальные

C_3 - аксиальное смещение
(как развернутая поплавок относит
поплавковой камеры)

$$U_{c_{1y}} = K \Delta y_1, \quad U_{c_{1x}} = K \Delta x_1, \quad U_{c_{2y}} = K \Delta y_2, \quad U_{c_{2x}} = K \Delta x_2$$

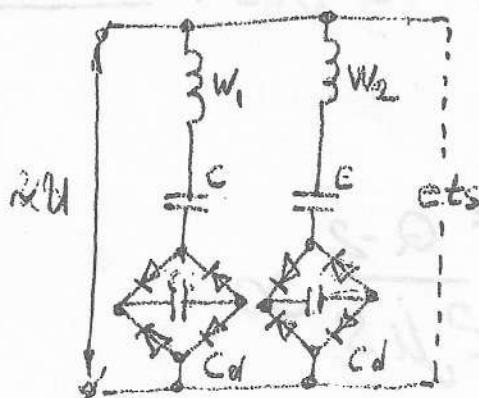
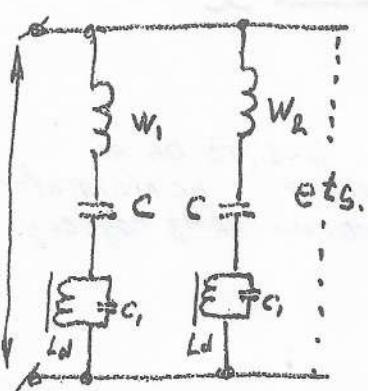
$$U_c = K \Delta z$$

резонансный магнитный подвес - не
очень хорошо, т.к. ток он потребляет,
а силу не создаёт. Ток греет магнитный
подвес.

мощность = 0,05 Вт

$$P_0 \sim 1 \text{ Вт}; \quad K_{MB} = 0.01 \dots 0.1 \frac{\text{Н}}{\mu\text{м}}; \quad M_0 \neq 0$$

Damping by additional circuit



Тот же последовательный подвес, но дальше в цепь включается
мостовой выпрямитель.

В выпрямитель включена ёмкость.

подвес на борту не подает.

(68)

К принципу работы гирокомпаса на стр. 43

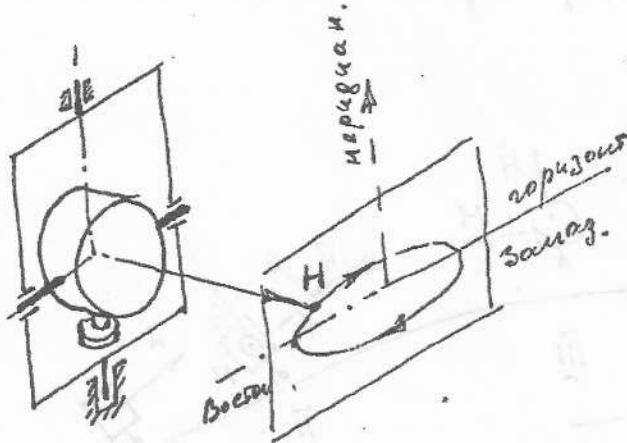


Рис 36.

Гирокомпасса приводят -
сам собой трехстепенный
турбогенератор, будущим
роторе которого сообщена
изогнутая скорость.

Распространение
работы маятникового компаса.

Пусть на маятнике маятник синий находящийся
турбогенераторе так, что вектор \vec{v} находящий
в горизонтальной плоскости и направление востоку
(рис. 37 положение I). В этом положении
маятник ровно опирается башмаком и момент
силы тангенциальной не создается. За счет вращения
Земли через некоторое время гирокомпас ~~перейдет~~
из положения I в положение II. При этом из-
за кинетического момента за счет свойства
турбогенератора сохраняется константа H независимо
от абсолютной пристань ^{расположения} маятника
и ^{расположения} под углом к горизонту и на турбогенераторе
направлено движение вправо. Маятник, ровный
в положении I, приобретает иного маятника, β -

$G \ell \sin \beta$, где G - вес и него маятника, β -
угол наклона ^{внешней} рамы гирокомпаса
<sup>(наблюдателя), связанный с Землей при этом кажется, что ось H
изменяет направление на β по склону горизонта.</sup>

§3) вектор H начнет преуспаровать, стремясь совместить вектор H с вектором M .

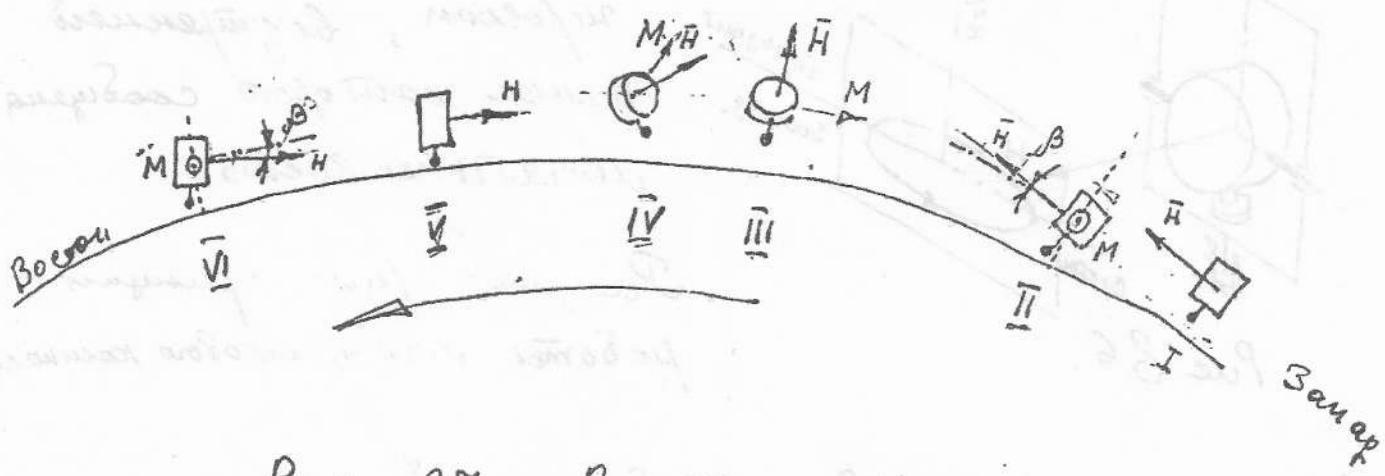


Рис 37 Вид на гирю со стороны Северного полюса

с вектором M (к Северу). Но оно отклоняется вправо, проинесясь до момента β , пока H не совпадет с макроскопическим меридианом. (момент III). Рисунок β будет

При этом движении макроскопического меридиана гирьки будет преуспаровать дальше. Затем они направляются. При этом, однако, за счет вращения Земли горизонтальная макроскопическая ось будет совпадать с вектором совпадения с вектором H и гирьки будут уменьшаться (момент V). Тогда движение будет продолжаться до стояния H с макроскопическим направлением (положение V), а затем гирьки макроскопический меридиан скажутся.

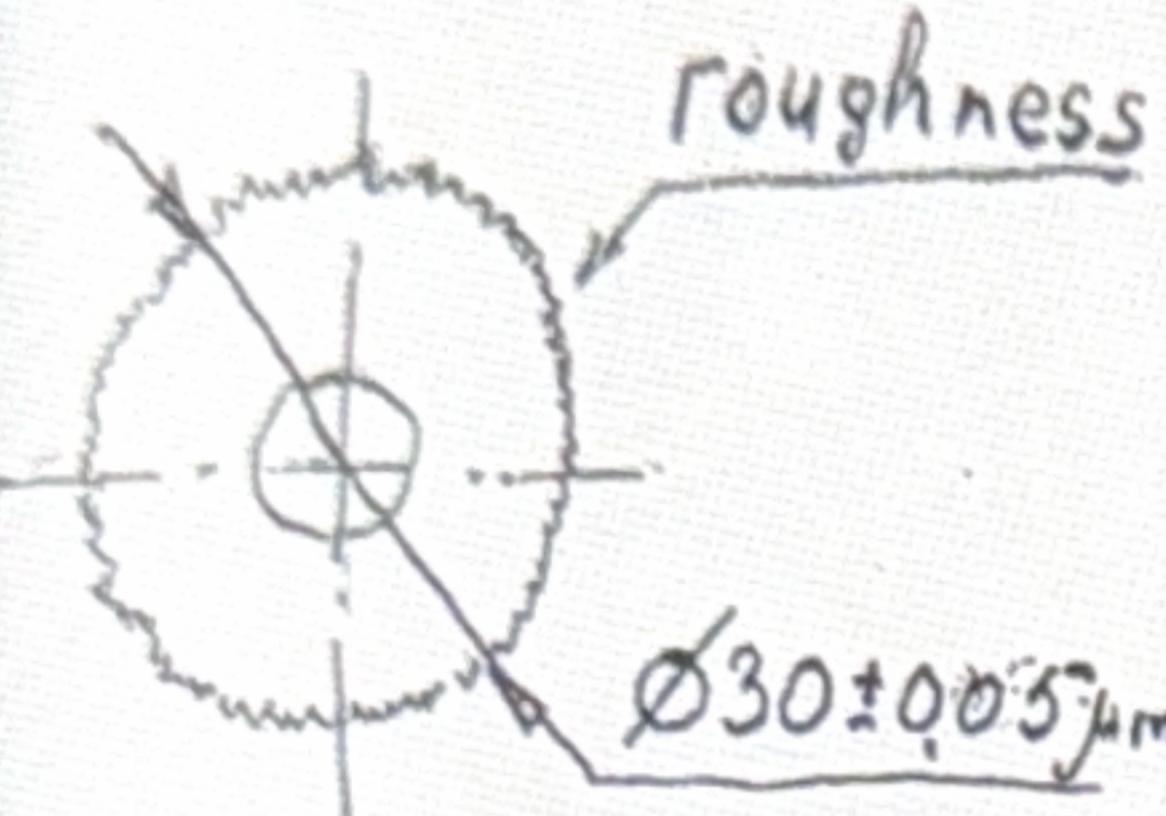
В следующий момент времени гирьки (момент VI) вновь

Elastic revolting moment of Magnetic bearing

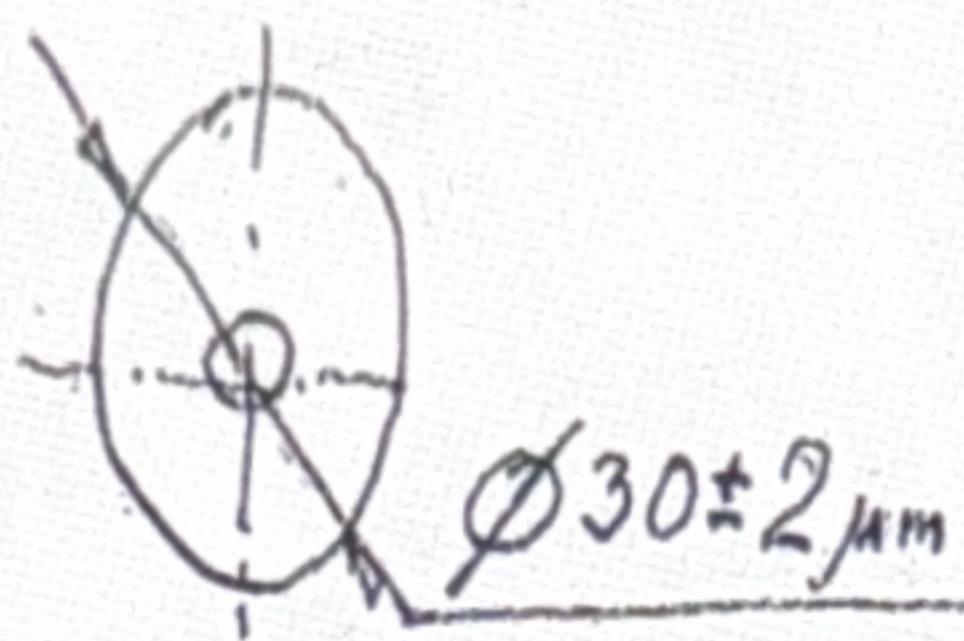
4

High frequency part

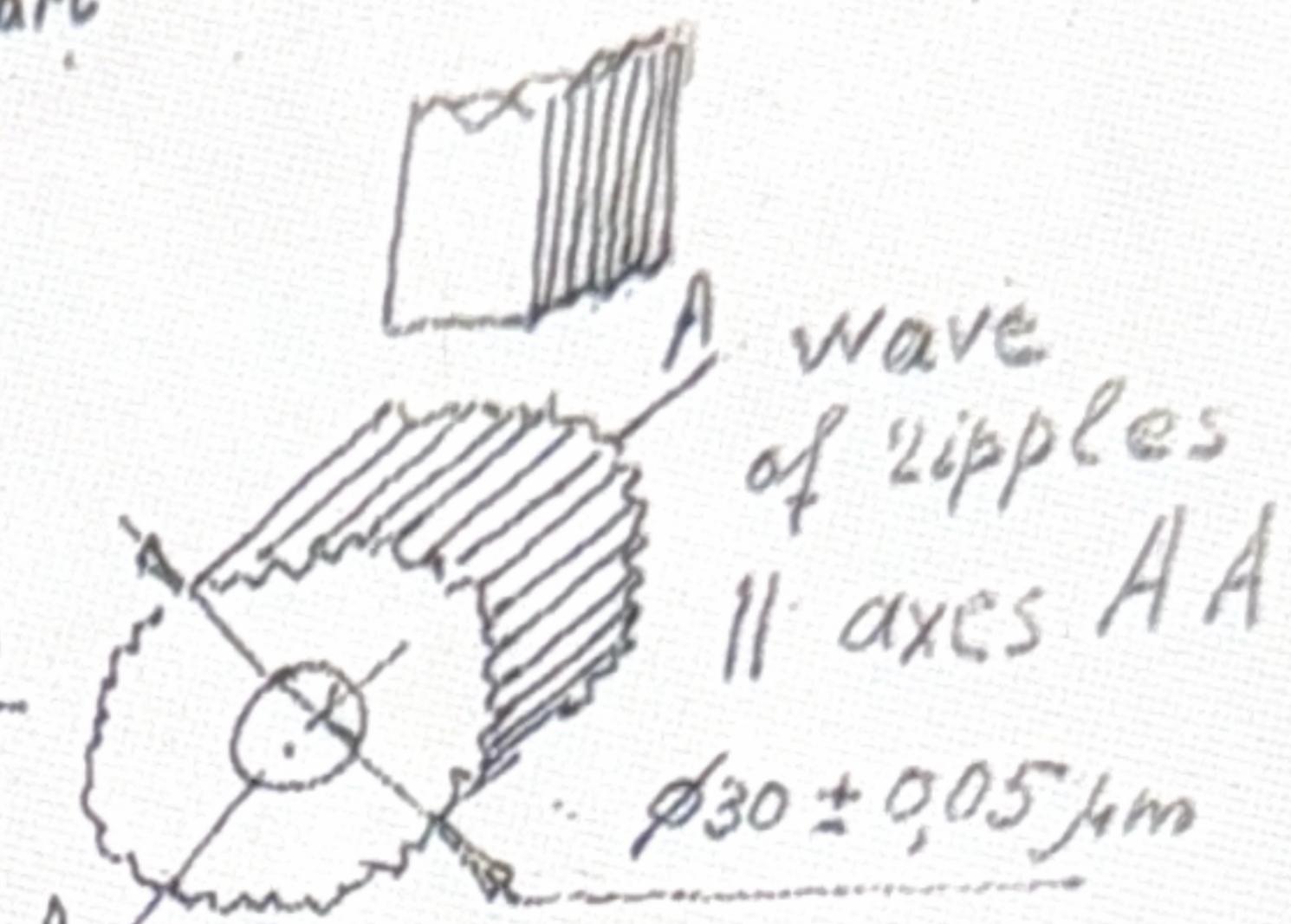
Rotor



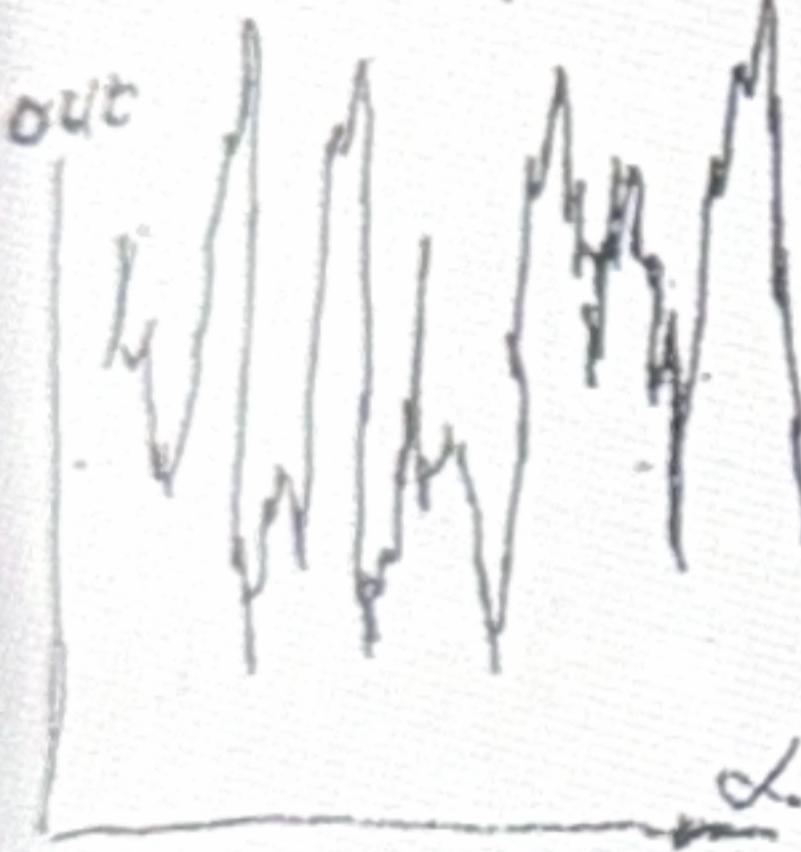
low frequency part



Slanted edge of pole



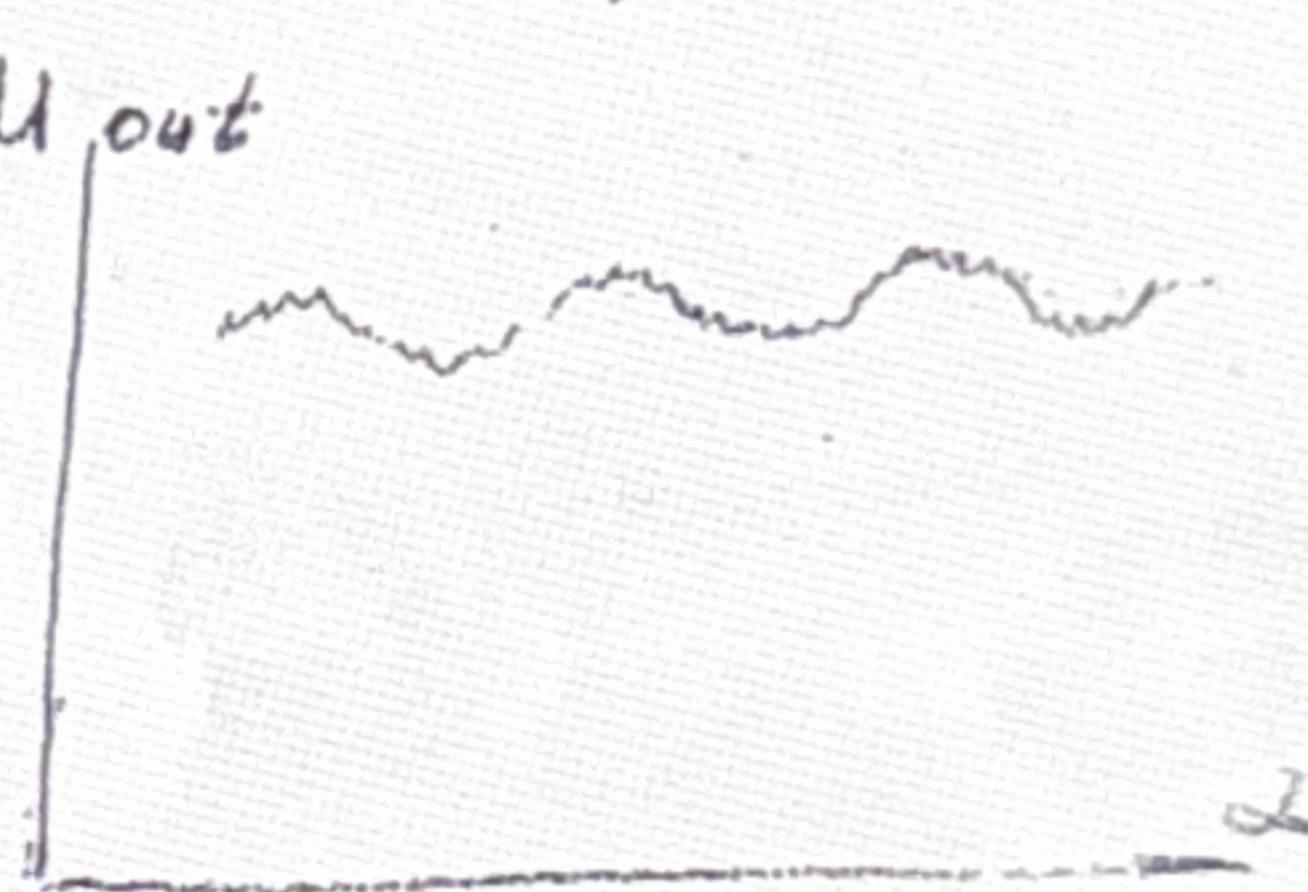
without polishing



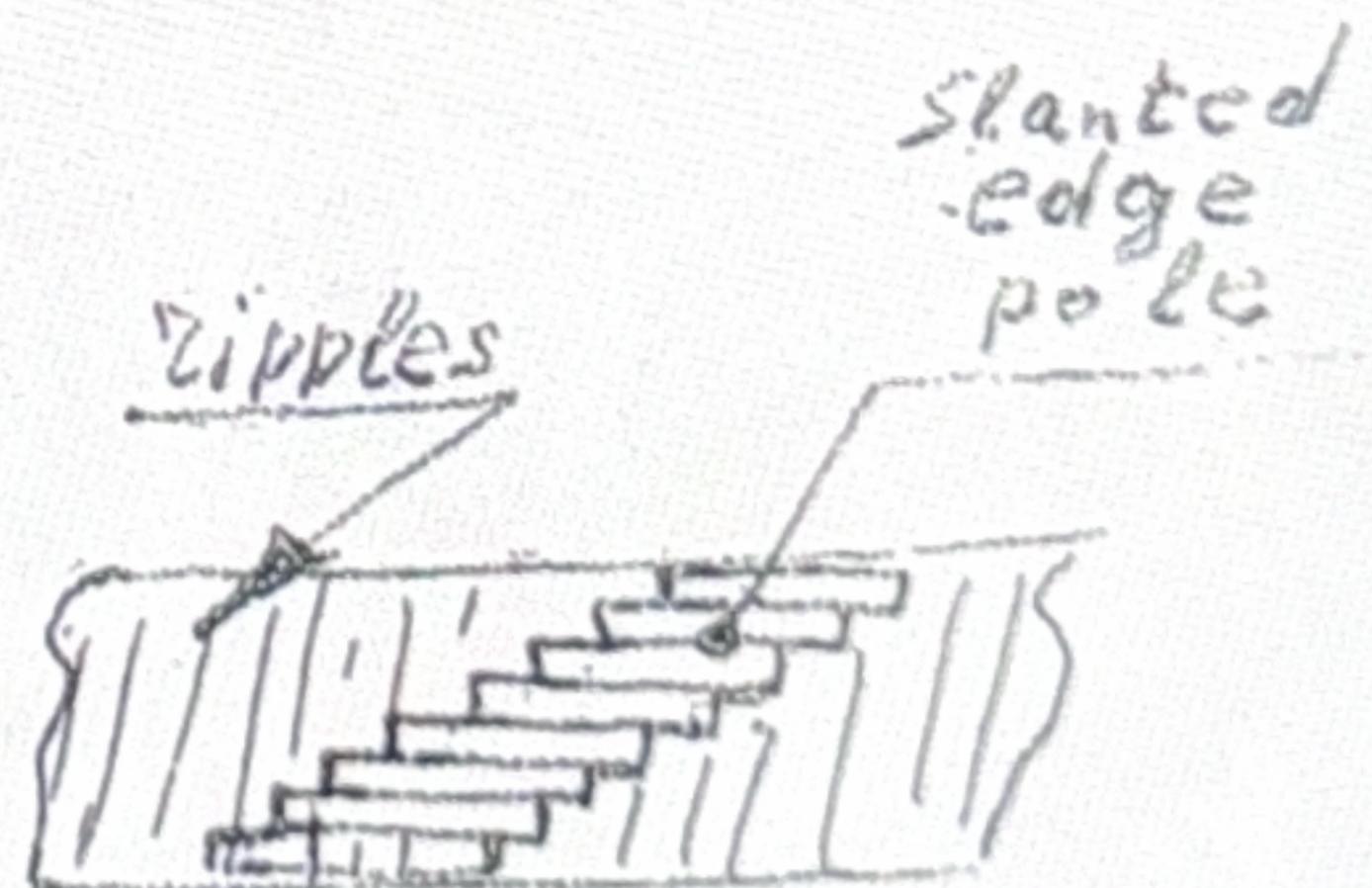
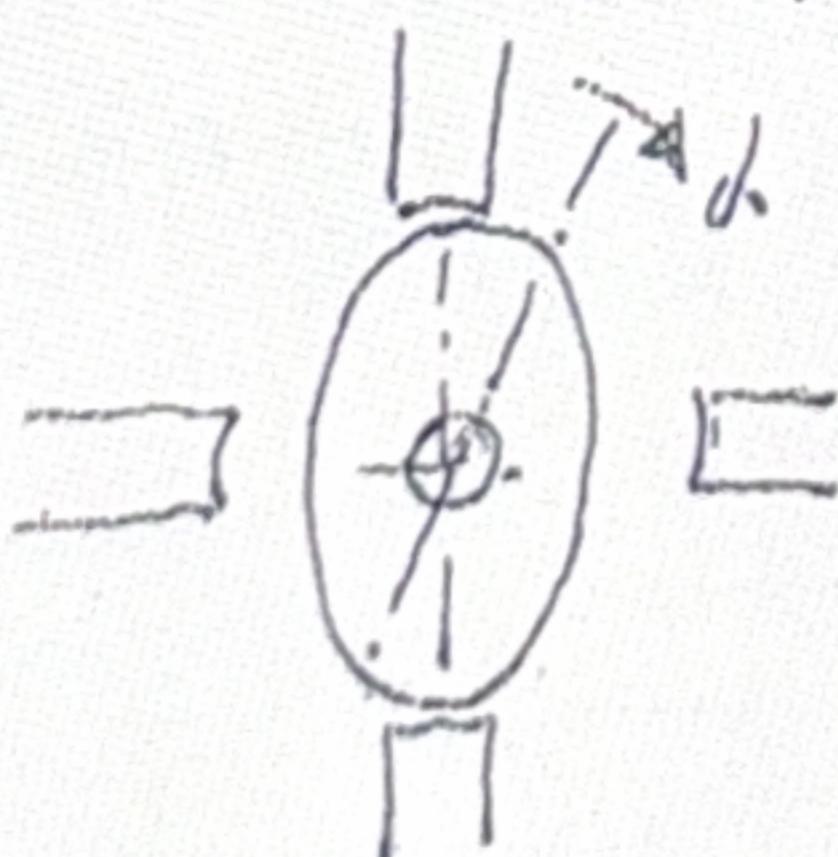
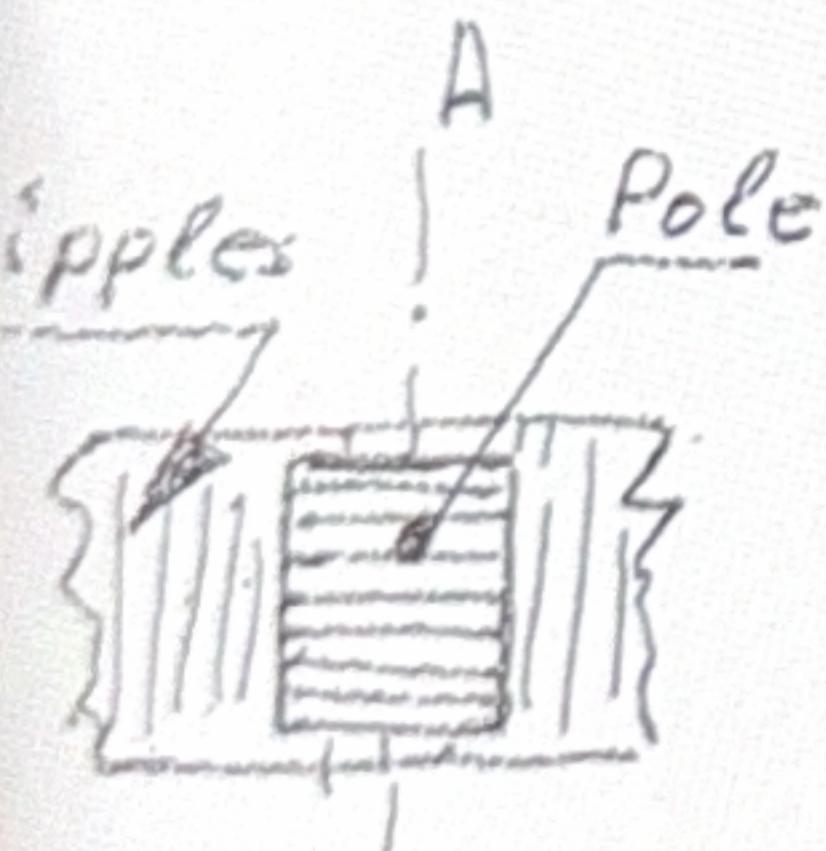
after polishing



without polishing



Rotor-ellipse

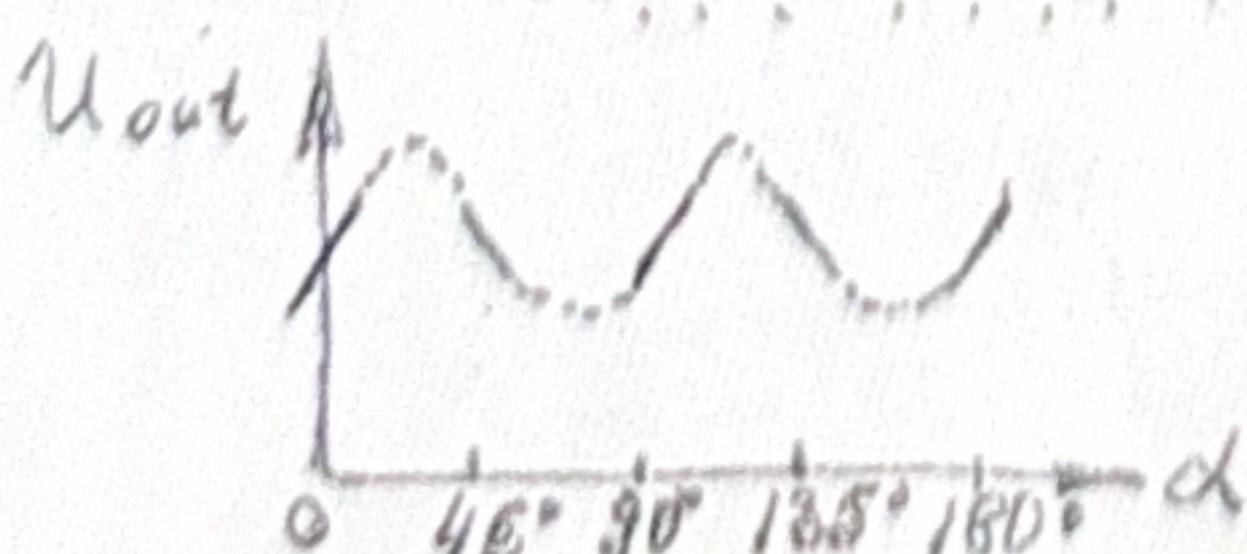


$M = 0$ if

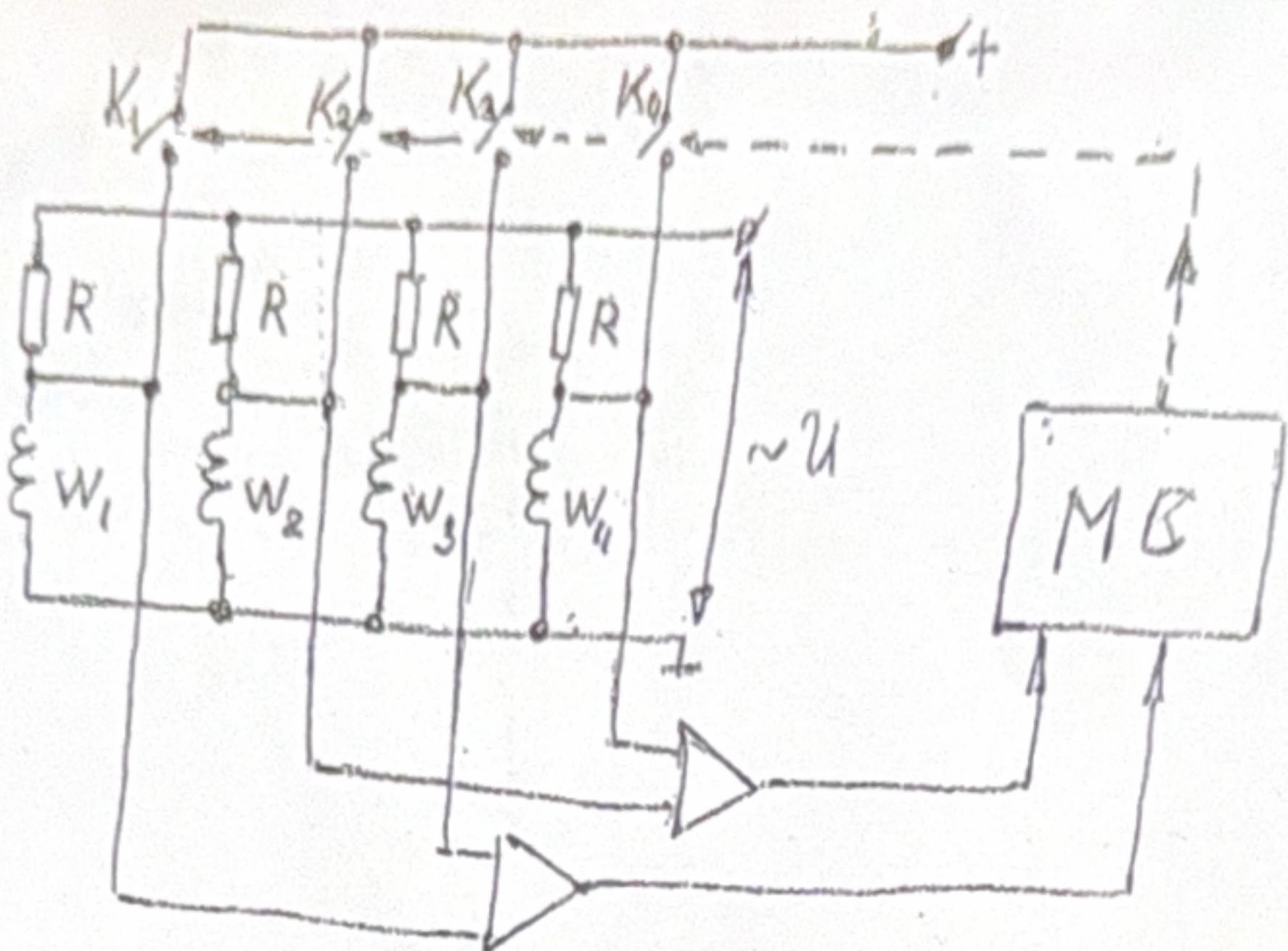
$\phi = 0$, steady rotor position.

$\phi = 45^\circ$ unsteady

$\phi = 90^\circ$ - steady



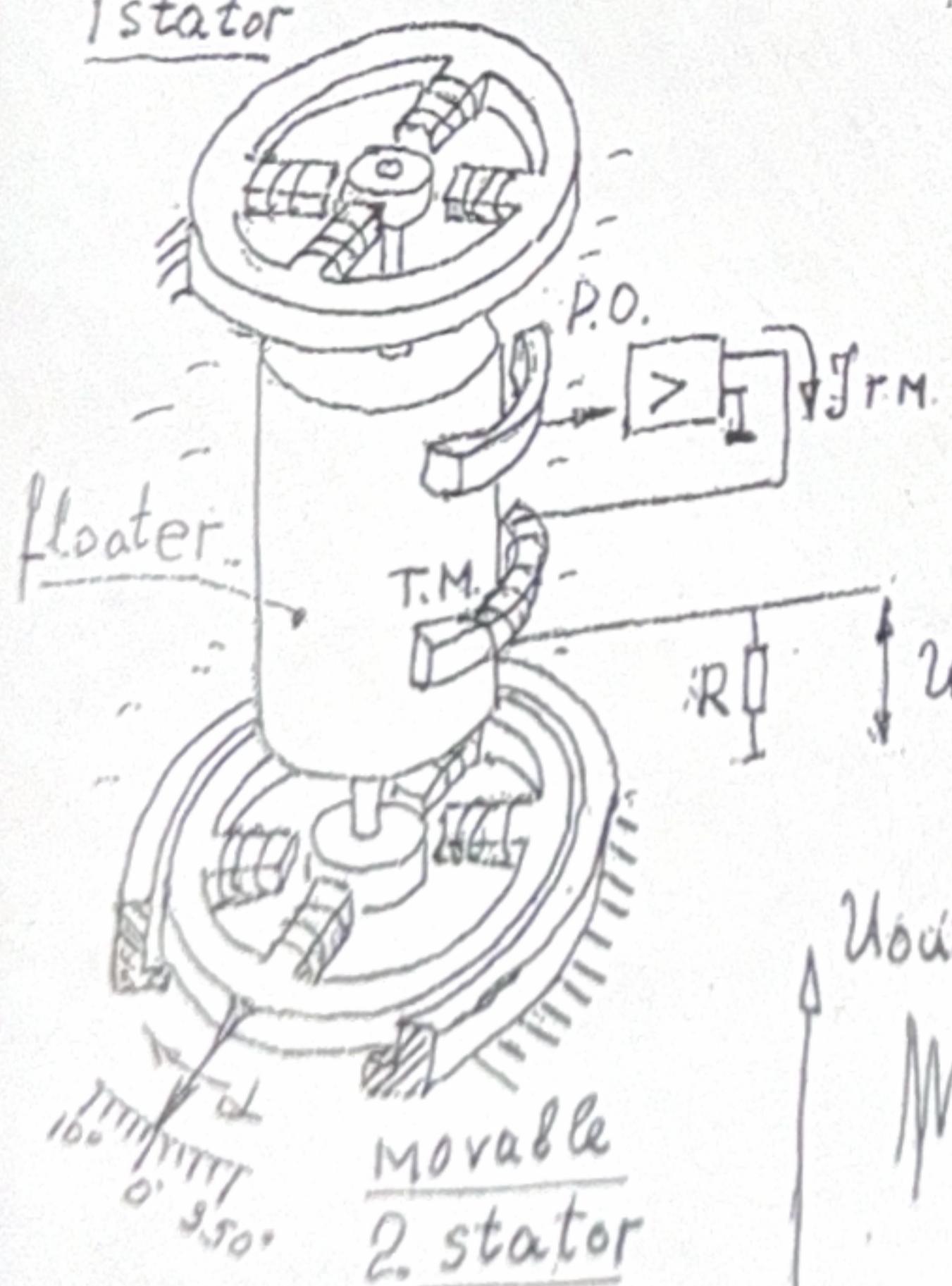
Active Magnetic Bearing



$$K_{MB} \sim 0.1 \dots 1 \frac{N}{mm} ; P_0 \sim 0.1 W ; M_0 = 0$$

TEST OF MAGNETIC BEARING

fixated 1stator

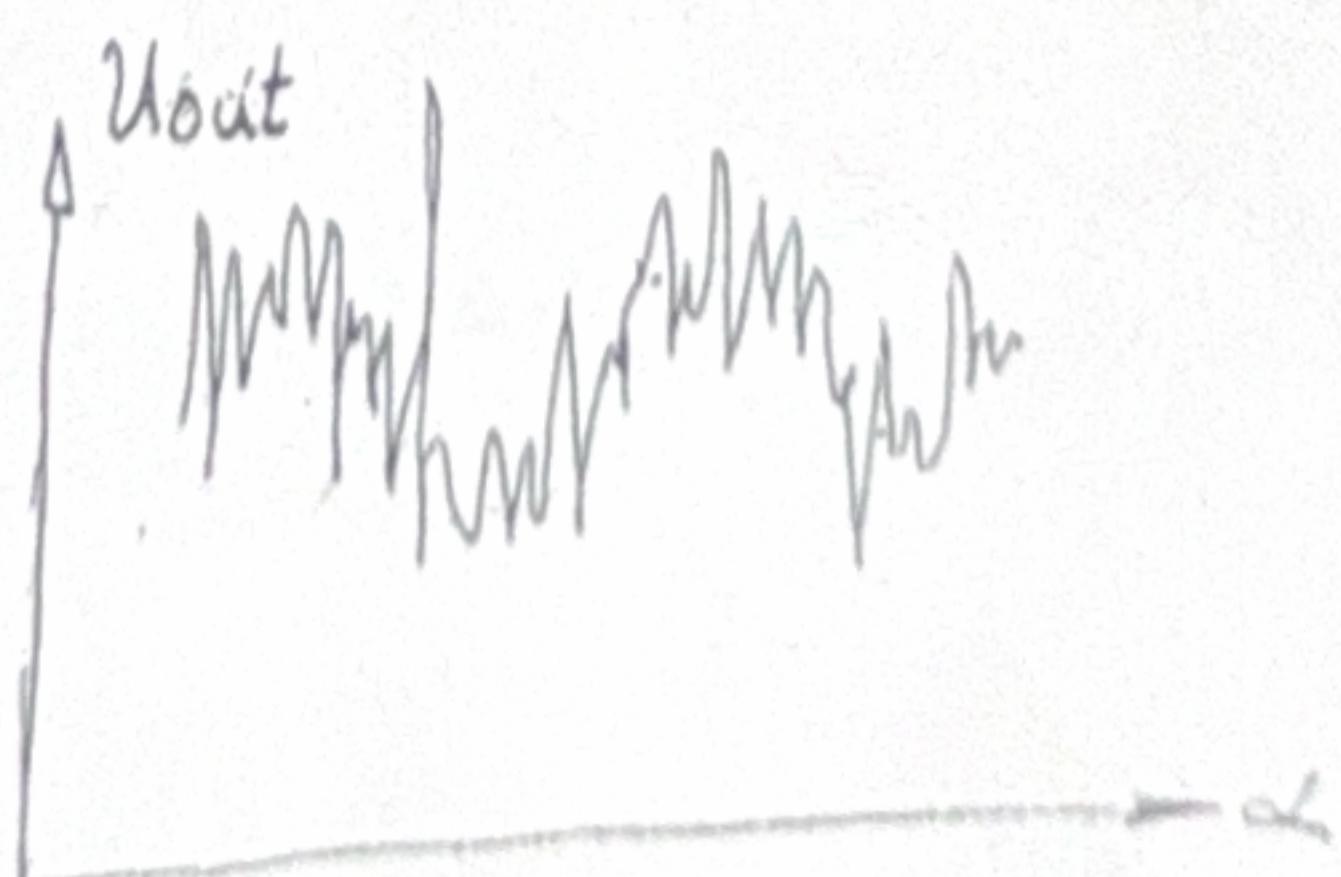


$M_1, M_2(\alpha)$ - repelling moments
of 1 and 2 magnetic bearing

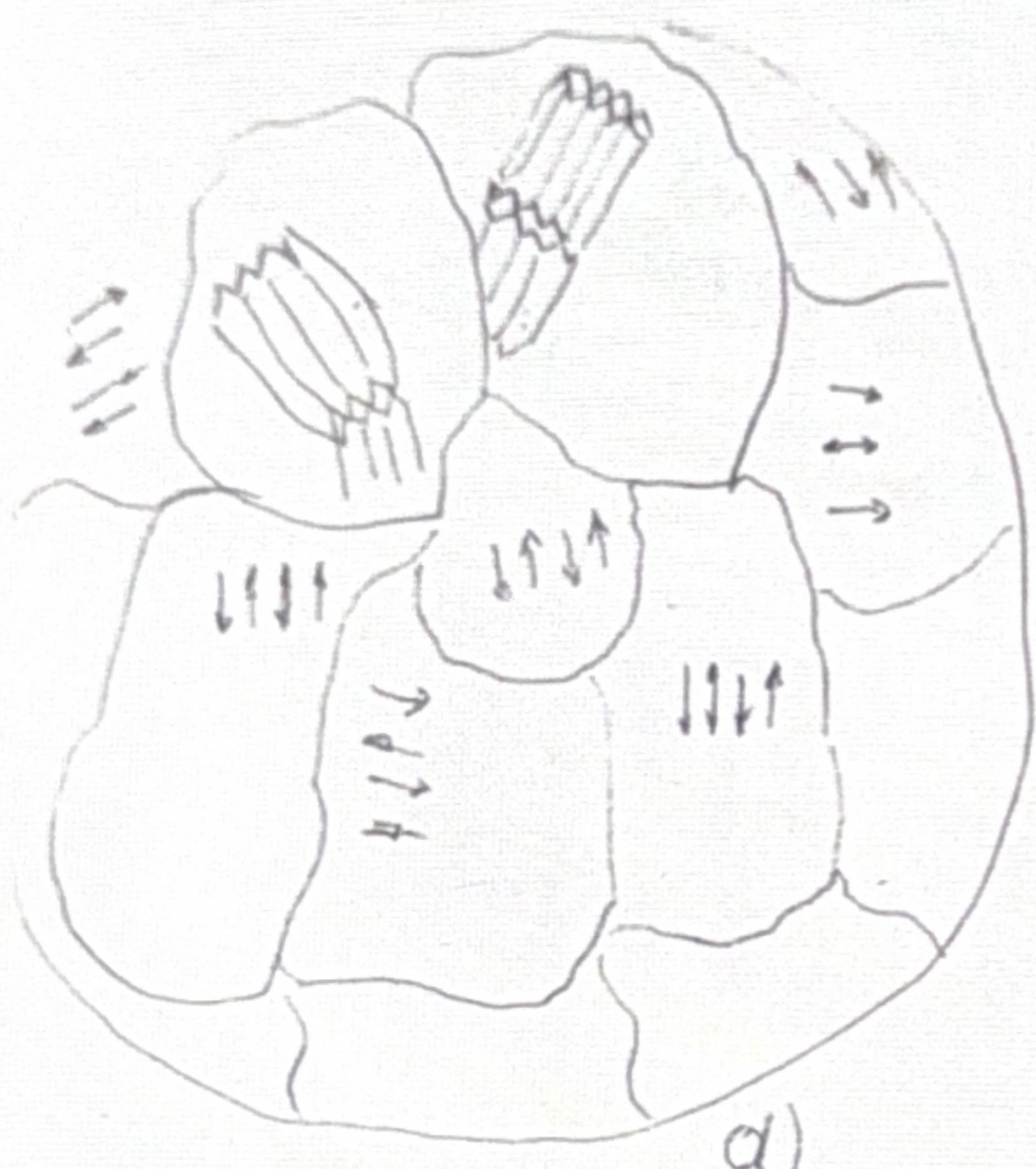
$$J_{TM} K_{TM} = M_1 + M_2(\alpha)$$

$$M_1 = \text{const}$$

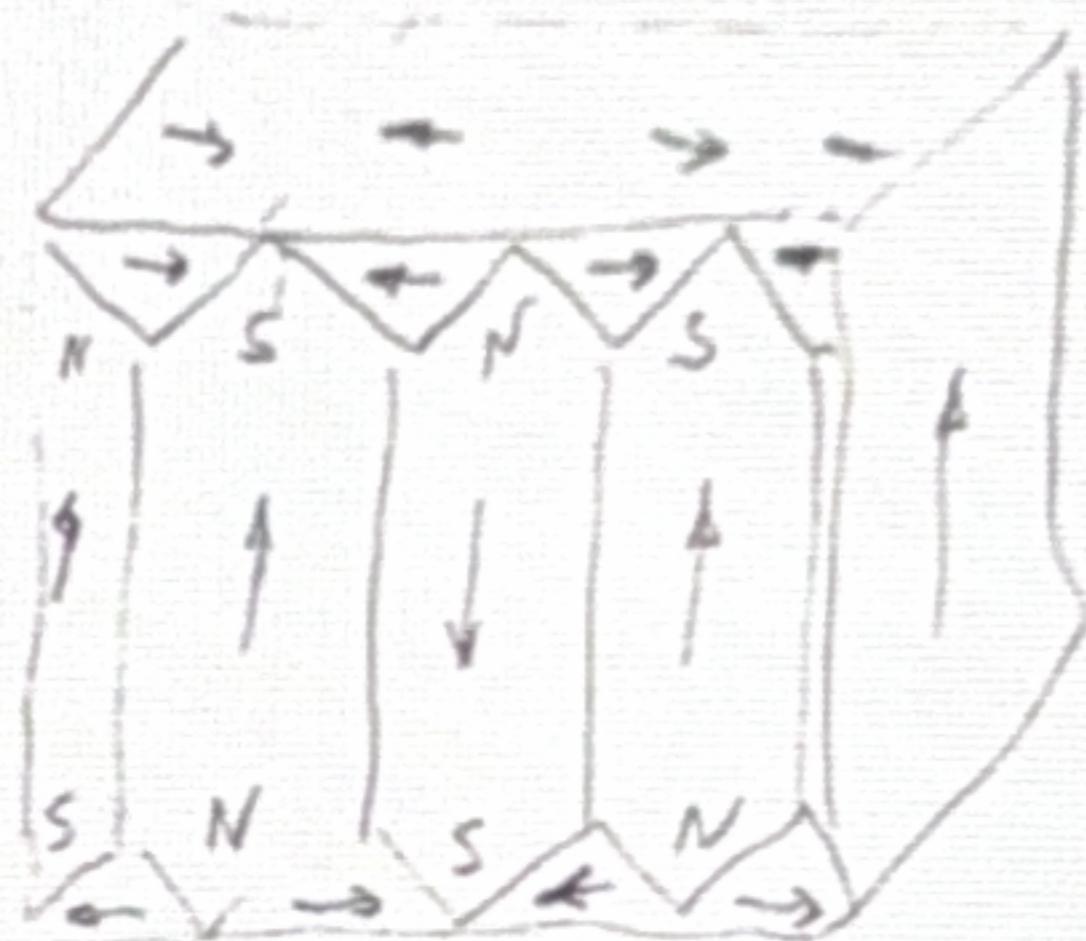
$$U_{out} = J_{TM} R = \frac{M_1 + M_2(\alpha)}{K_{TM}} \cdot R$$



(17)



д)



б)

Рис. 17 распределение давления на зерна посаженного в макро-микро изотропия (а) и б - давление снаружи зерна

в

Участок насыщения

(все зерна превращаются в уплотненные с плавающими ячейками, соединяющимися с внешними полостями)

участок пересыхания, связанный с пересыхающей короткой цепочкой зерен и поверхностью зерен.

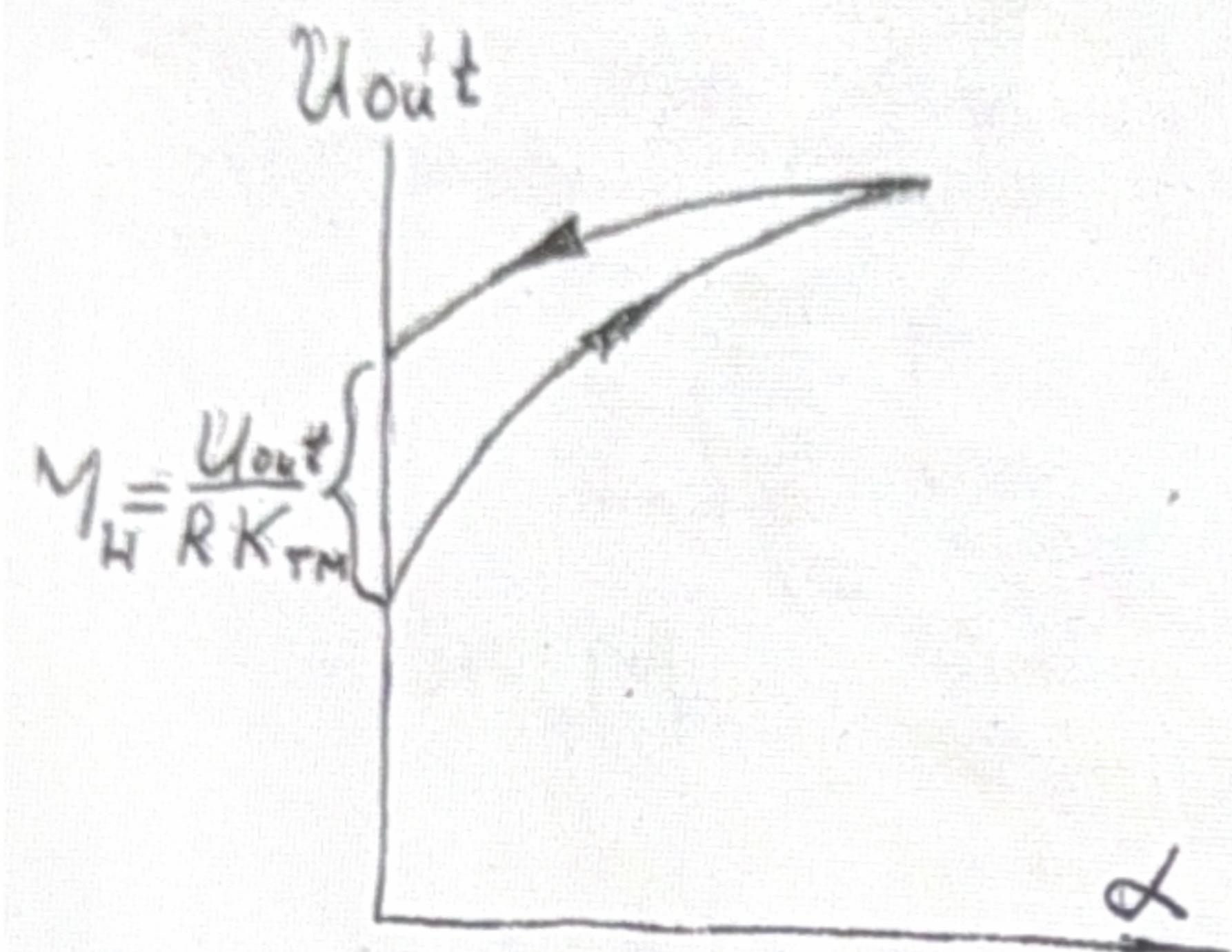
(Зерна с дырками, не соединяющимися с плавающими памятью ячейками)

участок пересыхания, связанный с пересыхающими ячейками

затем в зернах, давление которых сбрасывается на влажные ячейки

Рис. 18 Участки насыщивания снаружи макро-микро изотропии

Hysteresis revolving moment M_H
of magnetic bearing.



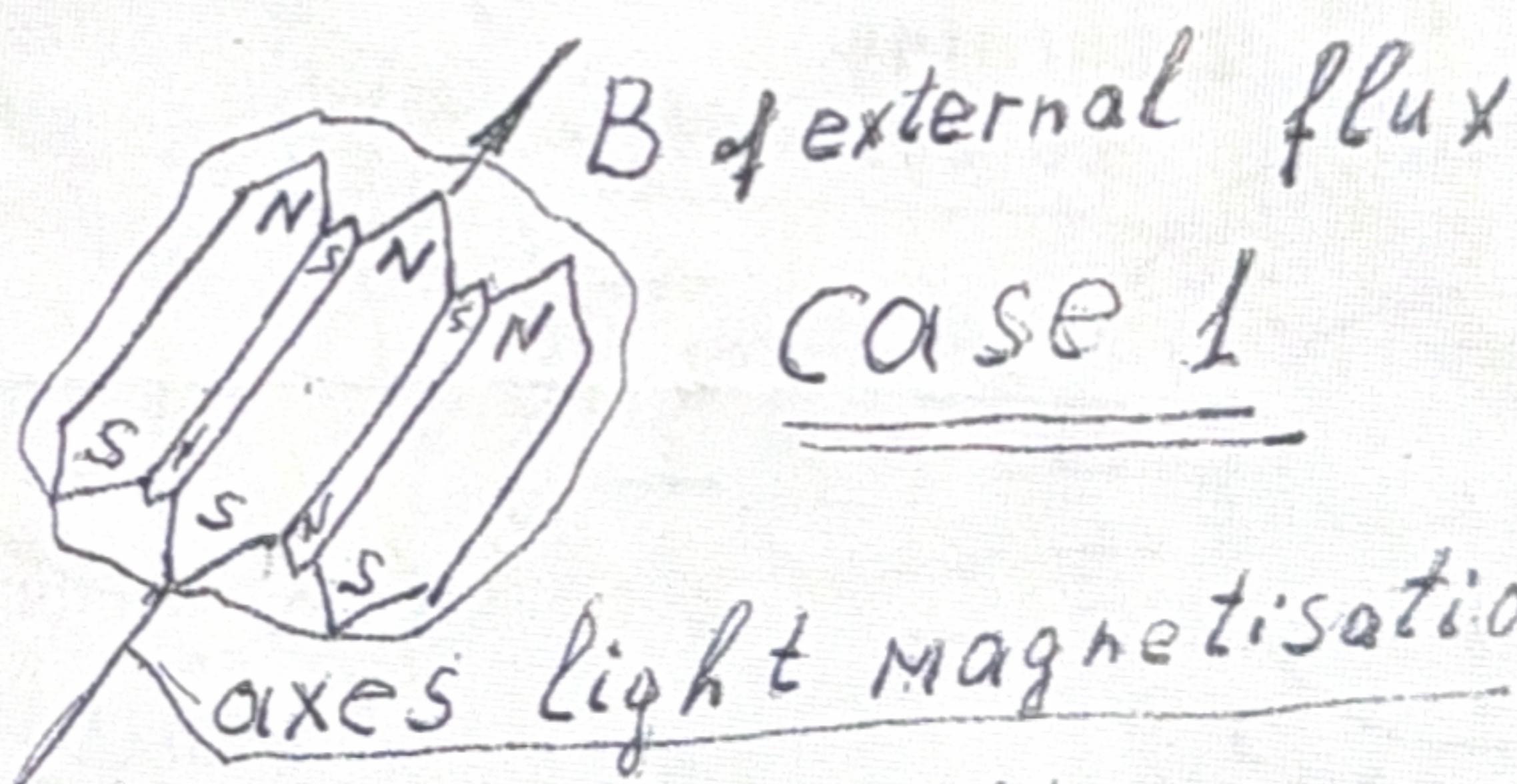
$M_H \approx M_{FR}$ of stoun bearing

$$M_H(\text{direct magnetic flux}) = 4 M_H(\text{alternating magnetic flux})$$

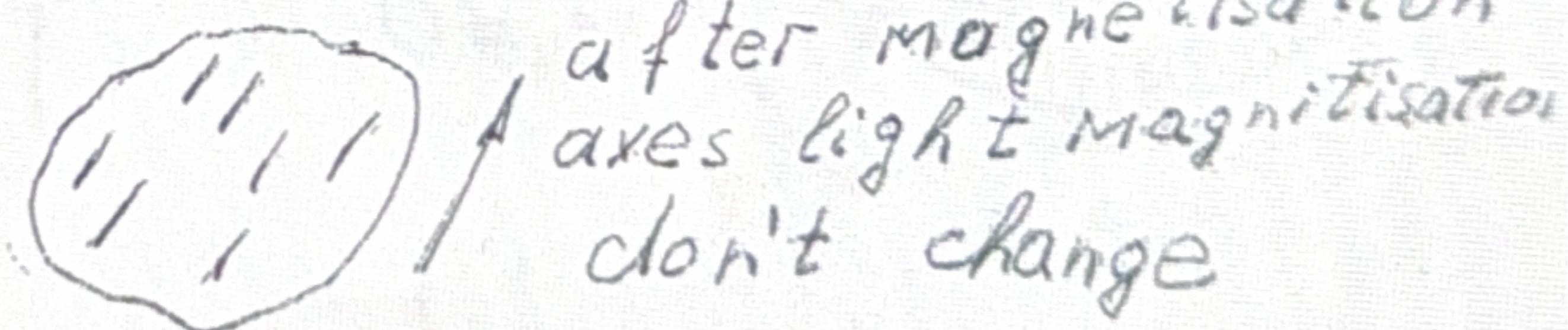
Structure of supermalloy 79 Ni



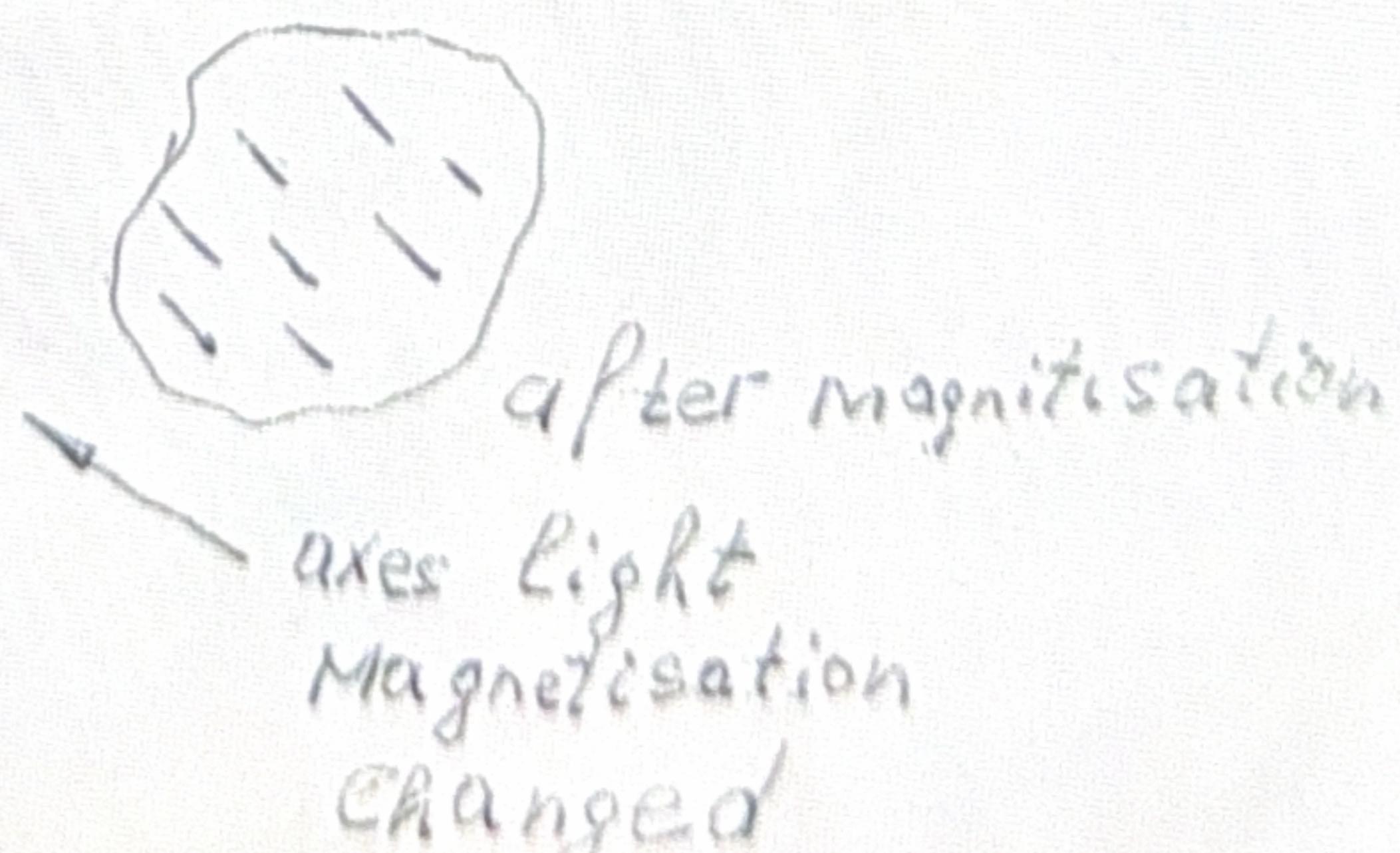
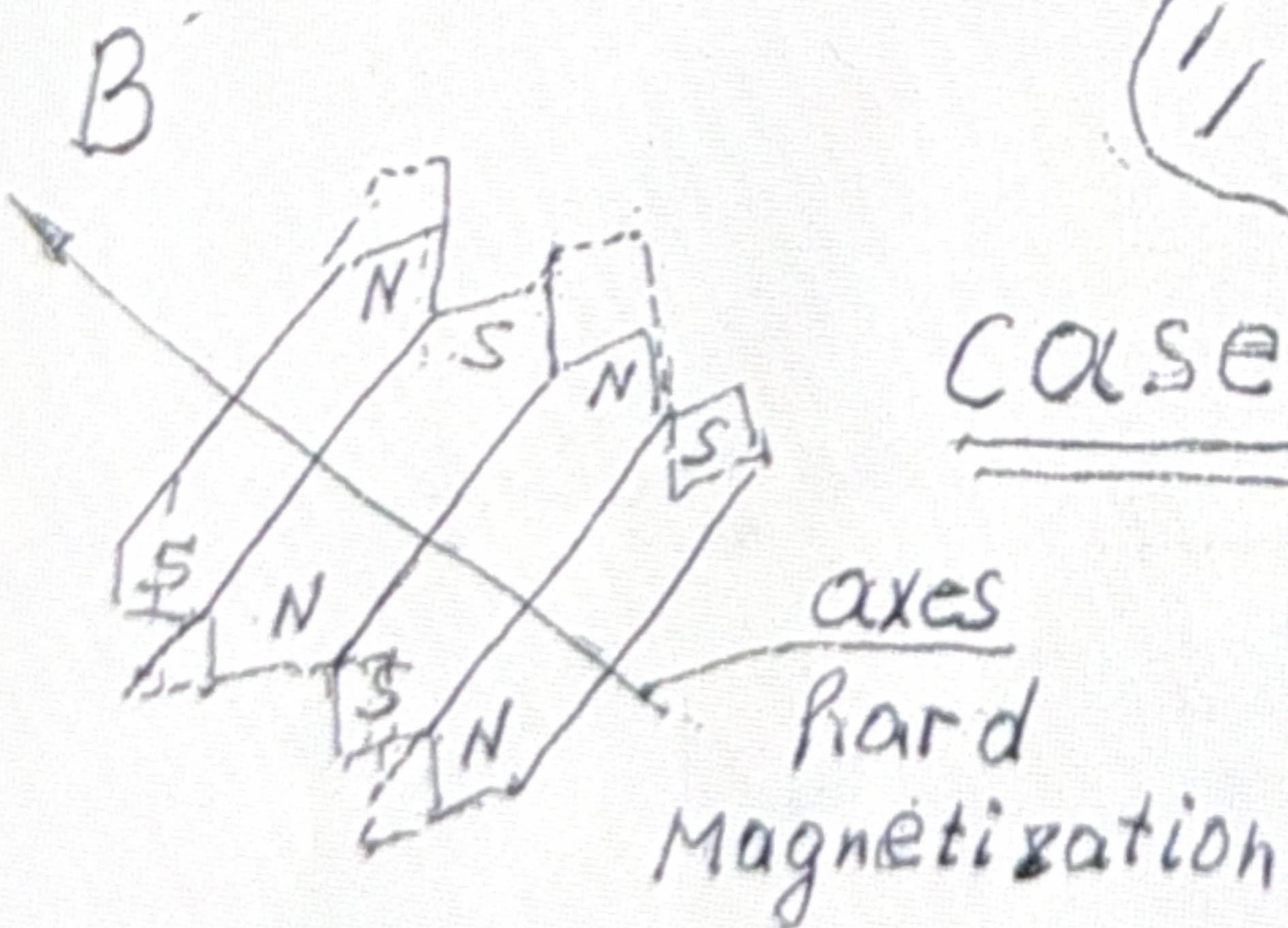
after heat treatment



CASE 1

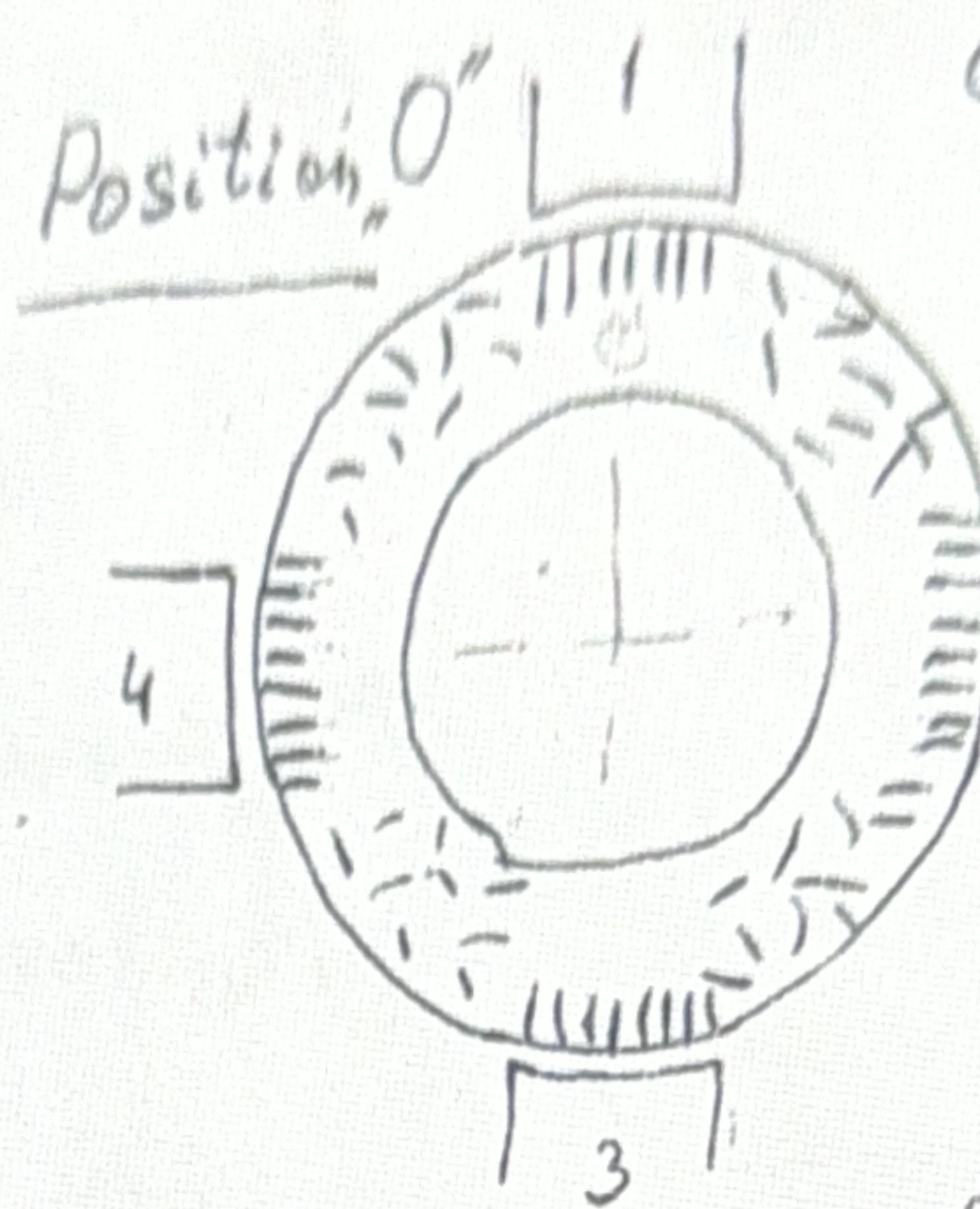


CASE 2

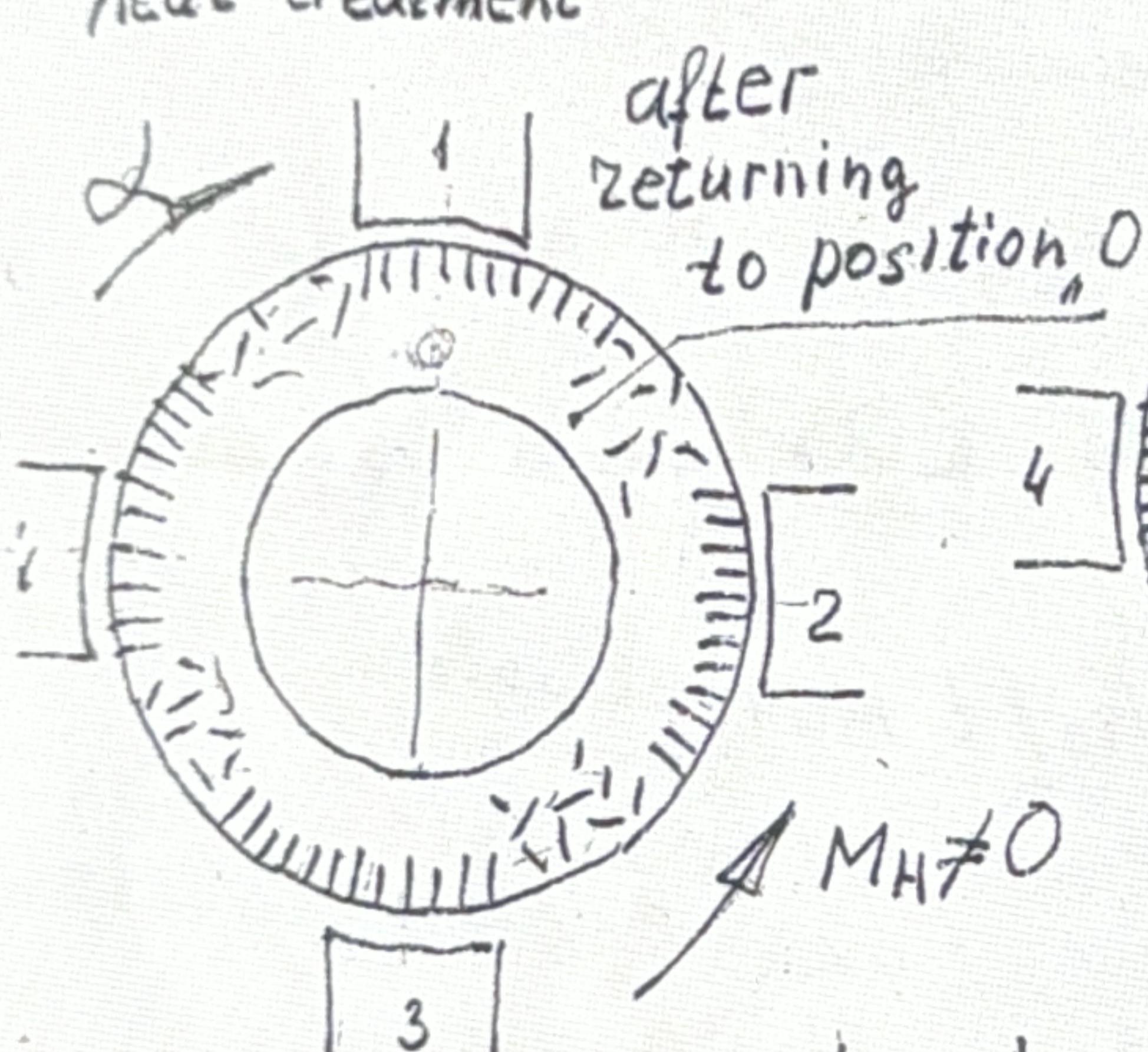




Structure
of motor after
heat treatment

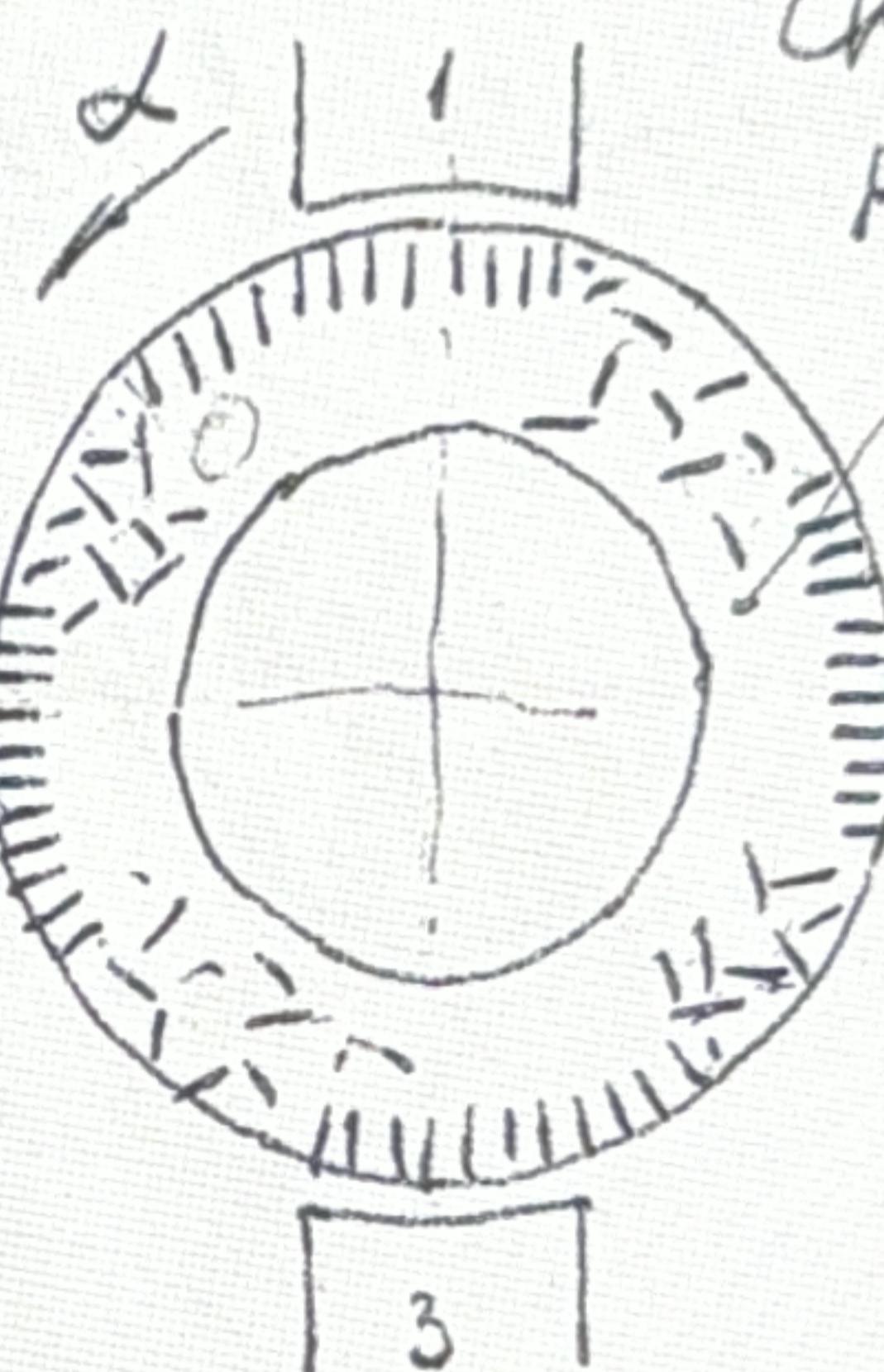


Position, 0
after
magnetisation
flux of magnetic
bearing
 $M_H = 0$



after
returning
to position, 0

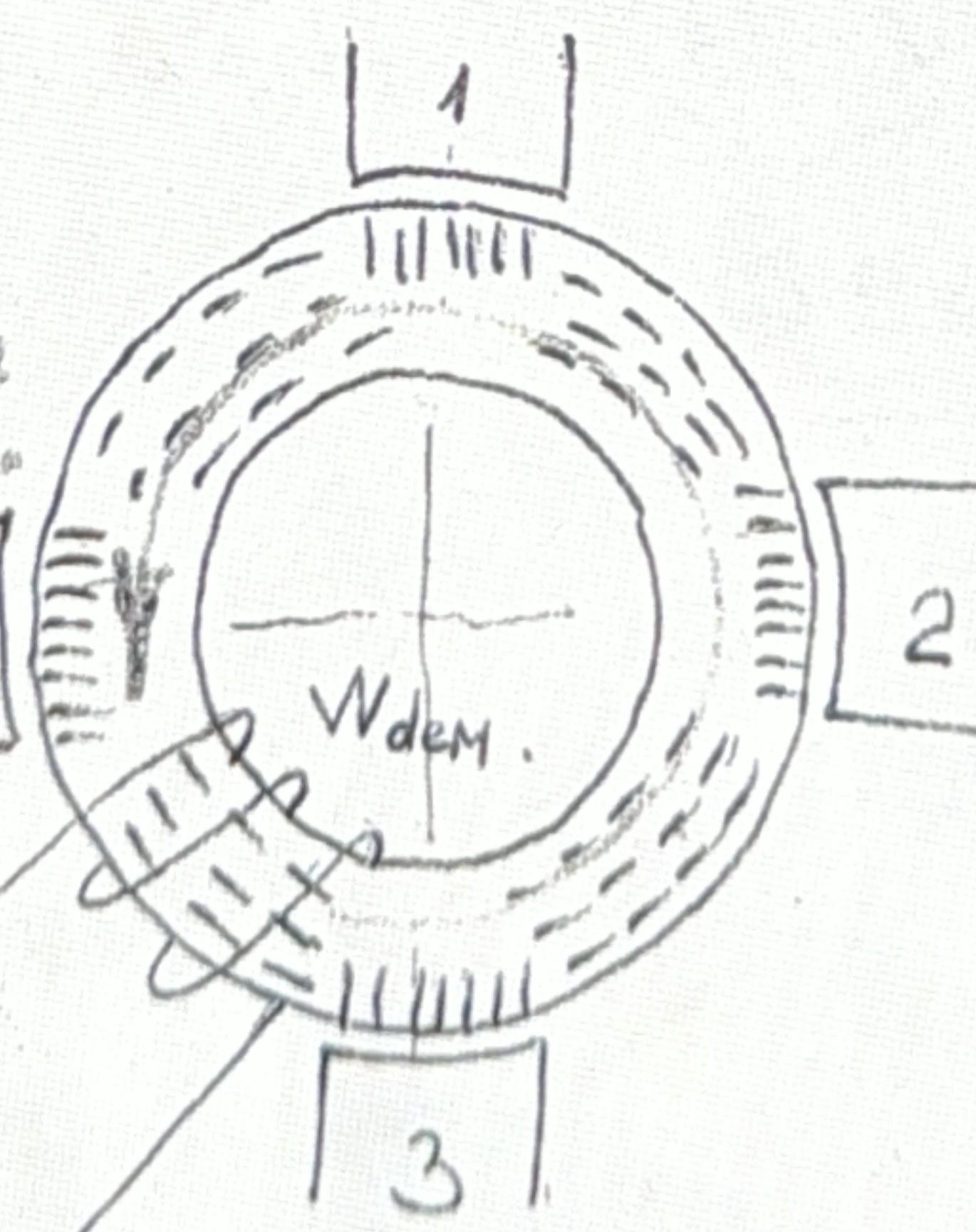
$M_H \neq 0$



after
changing
position
motor

$M_H \neq 0$

Flux of
demagnet.



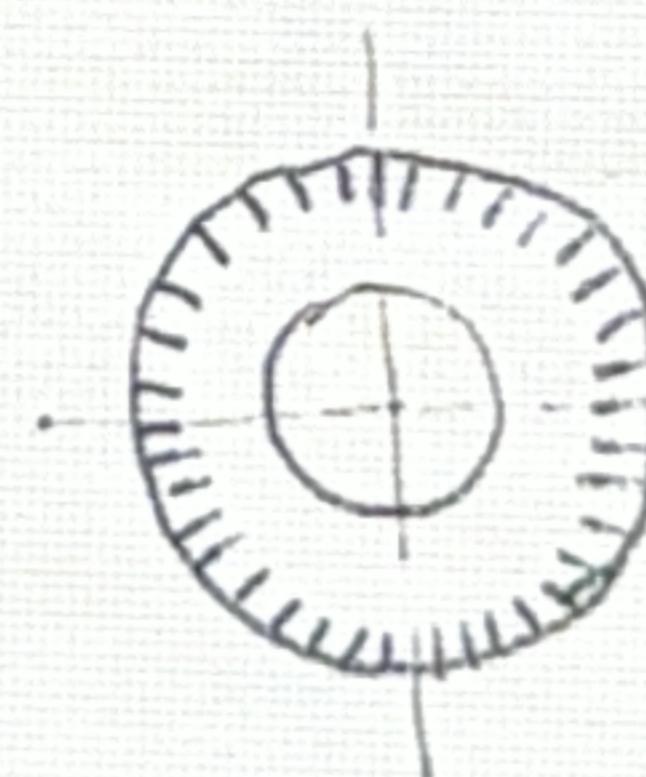
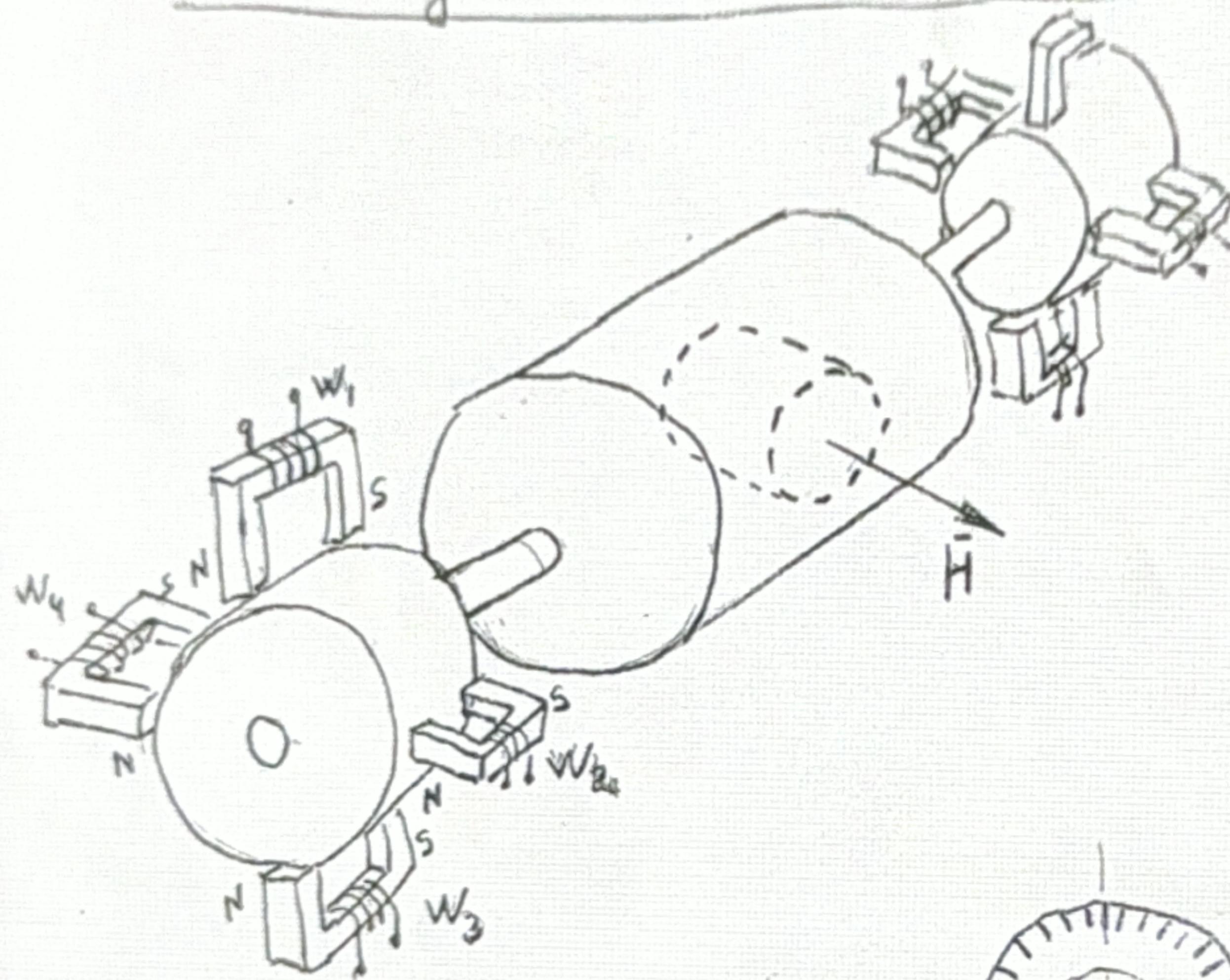
~ current
of demagnetising

Magnetic
bearing
with
de magnetising
coil.

$P_{dem} \rightarrow 0 \text{ Wt}$

$M_H = 0$

Construction of magnet bearing without M_Hysteresis.



structure of
rotor
after
Magnetising
and rotation
on angle $\angle = 360^\circ$

Конусный ротор магнитного подвеса.

$$F_{\text{сев}} = (F_1 + F_2 + F_3 + F_4) \sin \Psi.$$

$$F_{\text{рад}} = (F_1 - F_3) \cos \alpha \cdot \cos \Psi + (F_2 - F_4) \sin \alpha \cdot \cos \Psi$$

$$F_{\text{под}} = \left(\frac{\omega u}{2R_0} \right)^2 \frac{(Q-2)}{2\mu_0 S^*} \cos \Psi \cdot X \cos \Psi, \quad \text{изменение зазора}$$

S^* - площадь косого среза полюса.

$$F_{\text{сев}} = \left(\frac{\omega u}{2R_0} \right)^2 \frac{(Q-2)}{\mu_0 S^*} \sin \Psi \cdot Z \sin \Psi$$

при $X = Z$ - одинаковые относительные изменения

зазора $F_{\text{рад}} = F_{\text{сев}}$ при

$$\cos^2 \Psi = 2 \sin \Psi$$

Условие равножесткости $\Psi \approx 35^\circ$



$$X = \frac{\Delta_{\text{под}}}{\delta_{0 \text{ под}}}$$

$$Z = \frac{\Delta_{0 \text{ под}}}{\delta_{0 \text{ под}}}$$