

Министерство образования, науки, молодежи и спорта Украины
Севастопольский национальный технический университет

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

По выполнению курсового проекта по дисциплине «Судовые автоматизированные электроприводы» для бакалавров дневной и заочной форм обучения направлений 6.070104 «Морской и речной транспорт» и 6.050702 «Электромеханика»

Севастополь
2012



Методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Судовой автоматизированный электропривод» / Сост. В.Н. Мартынов-Севастополь: Изд.-во СевНТУ, 2012-17с.

Целью издания методических указаний является оказание помощи студентам при выполнении курсового проекта

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры СПЭМС, протокол № 5 от 03 февраля 2012г.

Рецензент: канд. техн. наук, доц. Попов В.П.

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1. Цель курсового проекта	3
2. Теоретический раздел	3
3. Рекомендации по проектированию электропривода брашпиля	4
4. Рекомендации по проектированию электромеханического рулевого электропривода (РЭМ)	9
5. Оформление курсового проекта	15
Библиографический список	15

1. ЦЕЛЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Целью выполнения курсового проекта является закрепление студентами полученных знаний и приобретение практических навыков по проектированию ответственных судовых электрофицированных механизмов и устройств, их кинематических схем, особенностями и режимами работы в судовых условиях.

В результате выполнения курсового проекта студент должен уметь: выполнить расчет необходимой мощности и выбрать по каталогу исполнительный двигатель; построить нагрузочную характеристику исполнительного двигателя (ИД) электропривода; разработать принципиальную схему управления электроприводом; построить механическую характеристику ИД; произвести проверку электропривода на нагрев и соответствие требованиям Регистра.

2. Теоретический раздел

Якорно – швартовные устройства (ЯШУ) предназначены для отдачи и выбирания якорей, а также для выполнения швартовных операций. Они состоят из якорей, якорных цепей, якорно-швартовой лебедки, одного или двух исполнительных электродвигателей, аппаратуры управления. По конструкции лебедки ЯШУ делят на брашпили и шпили.

На гражданских судах различного назначения для выполнения якорных и швартовных операций нашли применение брашпили. В отличие от шпилей брашпили имеют горизонтальное расположение на палубе в носовой части судна (на баке). Брашпиль состоит из двигателя (1), редуктора (4) и размещенных на грузовом валу цепных звездочек (2) и швартовых турачек (3). Звездочки сидят на валу свободно, могут соединяться с ним посредством специальных кулачковых муфт. Турачки имеют жесткую связь с грузовым валом. Каждая звездочка имеет ленточный тормоз (5) с винтовым приводом. Брашпиль обеспечивает раздельную работу звездочек левого и правого борта. Имеется также электромагнитный тормоз (6). Отдача якоря производится под действием его собственной массы. Выбирание якоря производится электроприводом с местного поста управления.

Кинематическая схема механизма брашпиля представлена на рисунке 2.1.

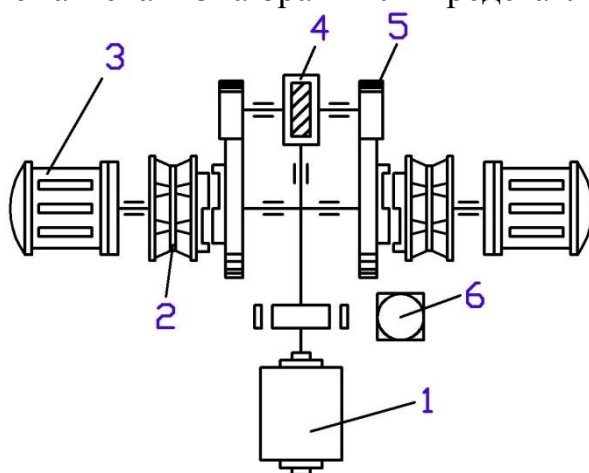


Рисунок 2.1 - Кинематическая схема механизма брашпиля

3. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЭЛЕКТРОПРИВОДА БРАШПИЛЯ

Проектирование электропривода (ЭП) осуществляется методом последовательных приближений. На первом этапе производится упрощенный выбор исполнительного двигателя (ИД), разработка схемы управления ЭП, построение механической характеристики ИД. На втором этапе производится построение нагрузочной диаграммы ЭП для случая съёмки судна с якоря и производится проверка ЭП на соответствие требованиям Правил Регистра, а ИД проверяется на нагрев. Устройство брашпиля, особенности, режимы работы, кинематические схемы подробно изложены в [1]. Исходные данные и варианты заданий представлены в таблице 1.

Предварительный выбор ИД производится по нормам Правил Регистра и установленным практикой критериям. Для выбора ИД по каталогу необходимо знать номинальный момент M_H , номинальную частоту вращения n_H , продолжительность включения ПВ%.

Номинальный момент должен быть установлен по следующим соображениям:

- по расчетному значению тягового усилия согласно Правил Регистра в зависимости от категории используемой якорной цепи

$$M_H = \frac{F_{\text{РЕГ}} \cdot R_{\text{ЗВ}} \cdot f_H}{i \cdot \eta_{\text{МЕХ}}} \quad \text{или} \quad M_H = \frac{F_{\text{РЕГ}} \cdot R_{\text{ЗВ}} \cdot f_H}{i \cdot \eta_{\text{МЕХ}} \cdot \eta_{\text{КЛ}}},$$

где $F_{\text{РЕГ}}$ - тяговое усилие якорной цепи по Правилам Регистра, $R_{\text{ЗВ}}$ - диаметр звездочки, i - передаточное число механизма брашпиля, $\eta_{\text{МЕХ}}$ - к.п.д. механизма, $\eta_{\text{КЛ}}$ - к.п.д. клюза, $f_H = 1.35$ - коэффициент трения цепи в клюзе;

- отрыв якоря от грунта

$$M_H = \frac{F_{\text{ОТР}} \cdot R_{\text{ЗВ}}}{i \cdot \eta_{\text{МЕХ}} \cdot \eta_{\text{КЛ}}}, \quad F_{\text{ОТР}} = 0.87(K_{\text{Я}}G_{\text{Я}} + qH),$$

где $G_{\text{Я}}$ - вес якоря, H - глубина якорной стоянки, $K_{\text{Я}}$ - держащая сила якоря, q - вес погонного метра якорной цепи;

- подъем двух якорей с половины глубины якорной стоянки

$$M_H = \frac{F \cdot R_{\text{ЗВ}}}{i \cdot \eta_{\text{МЕХ}} \cdot \eta_{\text{КЛ}}}, \quad F = 0.87(2G_{\text{Я}} + qH);$$

- подъем свободно висящего якоря с полностью вытравленной якорной цепью

$$M_H = \frac{F \cdot R_{\text{ЗВ}}}{i \cdot \eta_{\text{МЕХ}} \cdot \eta_{\text{КЛ}}}, \quad F = 0.87(G_{\text{Я}} + qL),$$

где L - общая длина якорной цепи;

- пусковой момент ИД должен превышать максимально возможный момент (превышение должно составлять $0.5M_H$);

- максимальный момент ИД должен быть меньше $1/3$ разрывного усилия якорной цепи.

По перечисленным выше соображениям определяется номинальный момент ИД.

Частота вращения ИД (номинальная) определяется, исходя из заданной Правилами Регистра скорости ($V_{ц}$) выбора якорной цепи – 10 м/мин

$$n_H = \frac{60 \cdot i \cdot V_{ц}}{2\pi \cdot R_{зв}}.$$

Режим работы – кратковременный, получасовой.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета электропривода брашпиля

Вариант	Водоизмещение т	Вес якоря кГ	Калибр цепи мм	$L \cdot B \cdot H_2 \cdot T$ м	Диаметр звездочки м	Передаточное	Длина цепи м	К.п.д. механизма
1	630	800	31	44*9,5*4,4*3,4	0,5	220	200	80
2	600	700	30	42*9*4,5*3,5	0,55	235	200	75
3	1200	1140	34	48*10*6*4	0,45	420	200	65
4	2935	2240	46	62*18*8,3*6,0	0,5	450	225	70
5	5436	3200	50	99*14*7*5	0,52	225	230	80
6	6000	3300	52	100*14*8*5	0,54	230	240	75
7	8300	3900	58	109*15*8,3*6	0,86	295	240	72
8	10240	4050	62	140*17*6,2*4,7	0,87	300	245	73
9	23000	4650	64	145*19*7,0*4,0	0,86	295	245	74
10	35000	5100	67	150*24*7,5*5,5	0,94	420	250	82
11	43000	5950	75	155*22*8,0*6,0	0,96	300	255	81
12	55000	6400	78	160*23*8,5*6,5	0,98	270	260	80
13	60000	7800	83	165*24*9,0*7,0	1,0	400	270	79
14	70000	8200	87	170*25*9,5*7,0	1,1	290	280	78
15	73000	8800	92	175*27*11*8,0	1,0	400	285	77
16	85000	9300	94	177*29*13*10,5	1,0	300	290	79
17	90000	9800	96	179*30*15*11	1,0	310	300	80
18	95000	10600	99	183*32*17*11,5	1,0	320	310	81
19	110000	10500	102	190*35*19*12,5	1,0	455	320	82
20	120000	12300	110	220*38*20*14	1,0	450	340	81
21	97000	9300	96	183*32*16*9	1,0	460	320	80
22	127200	13520	87	244*39*22*16	1,0	462	360	79

По полученным выше данным осуществляется выбор ИД по каталогу. Затем осуществляется разработка принципиальной схемы управления электроприводом.

При этом необходимо предусмотреть получение более высокой, по сравнению с номинальной, скорости вращения ИД для выполнения швартовых операций и малой скорости втягивания якоря в клюз (по Правилам Регистра ~ 1 м/мин).

Определяются механические характеристики ИД.

Нагрузочная диаграмма позволяет осуществить проверку выбранного ИД. Для ее построения необходимо располагать механической характеристикой ИД, данными механической передачи, параметрами якоря и якорной цепи, основными размерениями судна. Для удобства построения нагрузочной диаграммы весь процесс съемки судна с якоря разбивается на четыре стадии, в пределах каждой из которых работа двигателя характеризуется определенным законом изменения момента на валу.

Первая стадия. Когда судно стоит на якоре, на него действуют силы ветра F_B и течения F_T . Их равнодействующая F_C относит судно от места зложения якоря и вызывает натяжение якорной цепи у клюза

$$F_K = F_C + qH.$$

Величина F_C для наиболее тяжелых условий стоянки

$$F_C = F_B + F_T,$$

где $F_B = K_B S_B V_B^2$ - давление ветра на надводную часть судна,

$F_T = f\Omega(V_C + V_W)^{1.83}$ - сопротивление трения воды о корпус судна,

$K_B = 0,02$ кг/м² коэффициент удельного давления ветра,

$S_B = 0,27B(H_2 - T) + bh$ - приведенная парусная поверхность судна,

$V_B = 5 - 12$ м/с - скорость ветра,

B, H_2, T - ширина, высота борта, осадка судна,

b, h - ширина, высота надстроек,

$f = 0,14$ - коэффициент трения корпуса судна о воду,

$V_C = 0,1 - 0,3$ м/с - скорость подтягивания судна,

$V_W = 1 - 2$ м/с - скорость течения воды,

$\Omega = L(1,36 + 1,13\delta)$ - смоченная поверхность корпуса,

$\delta = \frac{V}{LBT}$ - коэффициент полноты водоизмещения (здесь L - длина судна),

V - объемное водоизмещение судна.

Момент ИД в первой стадии, необходимый для выбирания свободно лежащей на грунте якорной цепи

$$M_{C1} = \frac{F_K \cdot R_{ЗВ}}{i \cdot \eta_{Мех} \cdot \eta_{КЛ}}.$$

По механической характеристике ИД определяется скорость вращения в первой стадии n_1 .

Продолжительность первой стадии

$$t_1 = \frac{\Delta L_1 i}{2\pi R_{3B} n_1},$$

где ΔL_1 -длина цепи, лежащей на грунте.

Скорость движения судна (подтягивание) под действием ИД

$$V_{C1} = \frac{2\pi R_{3B} n_1}{60i}.$$

Вторая стадия. Расчет производится по методу последовательных интервалов. Для каждого интервала времени Δt полагается, что $M_C = \text{const}$.

Скорость выбирания якорной цепи

$$V_{C1} = \frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{2\pi R_{3B} n}{60i}.$$

Длина цепной линии в конце промежутка Δt

$$L_j = L_{j-1} - V_{Cj} \Delta t_j.$$

Скорость движения судна

$$V_{Cj} = V_{C(j-1)} + A_j \Delta t_j,$$

где $A_j = \frac{g}{D \cdot 10^3} (F_{Tj} - F_C)$, F_T -горизонтальная составляющая натяжения цепи у клюза, D – водоизмещение судна, $g = 9.81 \text{ м/с}^2$.

Натяжение цепи на клюзе

$$F_{Kj} = \frac{1}{2} q (l_j \sqrt{1 + \frac{4a_j^2}{L_j^2 - H^2}} + H),$$

где a_j - параметр цепной линии.

Момент на валу ИД

$$M_{Cj} = \frac{F_{Kj} \cdot R_{3B}}{i \cdot \eta_{\text{Мех}} \cdot \eta_{\text{КЛ}}}.$$

Расчет ведется до того момента времени, когда цепная линия превратится в прямую, т.е. когда

$$L_j^2 = X_j^2 + H^2,$$

где X_j - проекция цепной линии на горизонтальную ось.

На второй стадии съёмки судна с якоря натяжение у клюза изменяется от F_1 до F_3 (натяжения у клюза на первой и третьей стадиях). Для упрощения расчета можно принять, что натяжение изменяется по линейному закону.

Третья стадия. Натяжение якорной цепи возрастает, цепь принимает форму прямой линии. Расчет нагрузочной диаграммы производится также методом последовательных интервалов. В качестве исходных данных принимается положение судна и параметры цепи в конце второй стадии.

Для каждого интервала Δt находится расстояние по горизонтали до места заложения якоря

$$x_j = x_{j-1} - V_{cj} \Delta t,$$

длина цепи за клюзом

$$L_j = \sqrt{H^2 + x_j^2},$$

длина выбранной цепи за время Δt

$$\Delta L_j = L_{j-1} - L_j,$$

средняя скорость вращения двигателя

$$n_j = \frac{60i\Delta\theta_j}{2\pi R_{3B} \Delta t}.$$

По механической характеристике двигателя определяется момент двигателя M_j , после чего находится значение натяжения цепи у клюза

$$F_{kj} = \frac{i M_j \eta_k \eta_m}{R_{3B}}.$$

Далее находится горизонтальная составляющая натяжения цепи для j -го интервала

$$F_{Гj} = F_{kj} \frac{x_j}{L_j}.$$

Скорость судна к началу следующего интервала

$$V_{cj} = V_{c(j-1)} + \frac{g}{D \cdot 10^3} (F_{Гj} - F_c).$$

Расчет третьей стадии заканчивается при $L_j = H$. Продолжительность третьей стадии определяется как сумма интервалов времени

$$t_3 = \sum_{j=1}^m \Delta t_j.$$

Четвертая стадия. Нагрузочная диаграмма изменяется по прямолинейному закону и строится по двум точкам соответствующим началу и окончанию стадии

$$M_{4нач} = \frac{R_{3B}}{\eta_{кл} \eta_m} (G + qH),$$

$$M_{4кон} = \frac{R_{3B}}{i \eta_{кл} \eta_m} G.$$

По механической характеристике двигателя определяется $n_{нач}$, $n_{кон}$, а затем средняя скорость вращения двигателя в этой стадии

$$n_{4ср} = \frac{n_{4нач} + n_{4кон}}{2}.$$

Продолжительность четвертой стадии

$$t_4 = \frac{H}{2\pi R_{3B}} \cdot \frac{i}{n_{4ср}}.$$

По полученным данным строится нагрузочная диаграмма электропривода при съемке судна с якоря (рисунок 3.1). По нагрузочной диаграмме производится проверка исполнительного двигателя на нагрев и определяется продолжительность съемки судна с якоря. Полученное значение сравнивается со временем, установленным Регистром.

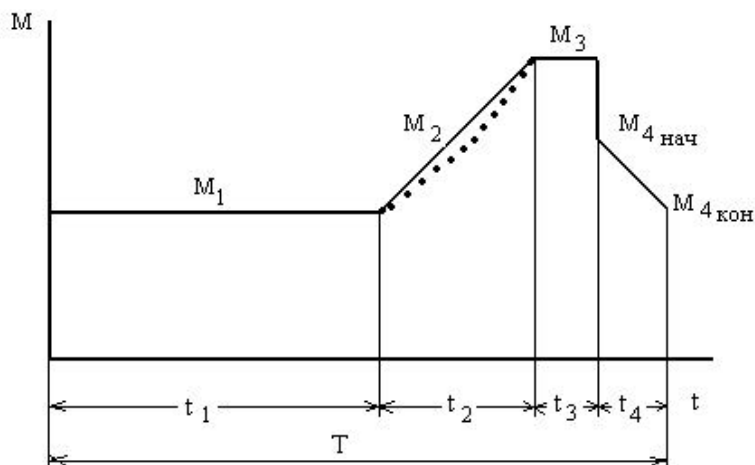


Рисунок 3.1 – Нагрузочная диаграмма для случая съемки судна с якоря

Проверка на нагрев может быть выполнена по среднеквадратичному моменту.

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{1}{T} (M_1^2 t_1 + \frac{M_1^2 + M_1 M_3 + M_3^2}{3} t_2 + M_3^2 t_3 + \frac{M_{4\text{нач}}^2 + M_{4\text{нач}} M_{4\text{кон}} + M_{4\text{кон}}^2}{3} t_4)}$$

Условие соответствия двигателя допустимому превышению температуры
 $M_{\text{экв}} < M_{\text{н}}$.

4. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО РУЛЕВОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА (РЭМ)

На судах находят применение электромеханические и электрогидравлические рулевые электроприводы (РЭГ). Устройство рулевых машин, их кинематические схемы подробно изложены в [5]. Проектирование РЭМ обычно производится методом последовательных приближений. Основными исходными данными для проектирования являются характеристики гидродинамического момента на баллере руля и параметры механической передачи (рулевой машины). Для всех вариантов задания принят полубалансирный руль, характеристика гидродинамического момента которого, представлена на рисунке 4.1. Исходные данные для вариантов заданий представлены в таблице 2.

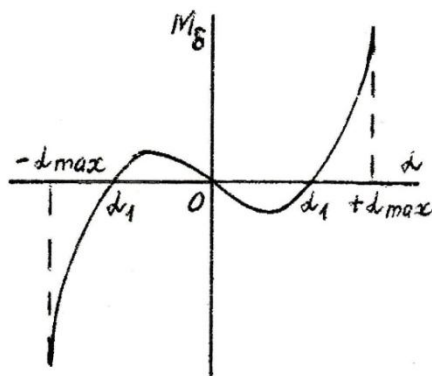


Рисунок 4.1 – Характеристика гидродинамического момента на баллере полубалансирного руля

Таблица 2 – Исходные данные для расчета электромеханического рулевого электропривода

Вариант	Момент на баллере $M_{\max}$ (Нм)	Угол пере- кладки (градус)		Передаточное число i	К.п.д. механиз- ма η	Продолжительность перекладки T (с)	Число циклов в час m
		$\lambda_{\max}$	λ_1				
1	10000	35	15	450	0,5	28	250
2	20000	30	10	500	0,55	30	275
3	30000	35	15	500	0,6	28	300
4	40000	30	10	500	0,5	30	250
5	50000	35	15	500	0,55	28	275
6	60000	30	10	550	0,6	30	300
7	70000	35	15	600	0,5	28	250
8	80000	30	10	600	0,55	30	275
9	90000	35	15	650	0,6	28	300
10	100000	30	10	700	0,5	30	250
11	110000	35	15	720	0,55	28	275
12	120000	30	10	730	0,6	30	300
13	130000	35	15	740	0,5	28	250
14	140000	30	10	750	0,55	30	275
15	150000	35	15	750	0,6	28	300

Проектирование электропривода ведется в следующем порядке. В первую очередь определяется характеристика момента сопротивления на валу исполнительного двигателя (ИД)

$$M = \frac{M_{\delta}}{i\eta},$$

где M_δ – гидродинамический момент на баллере; i , η – передаточное число и к.п.д. механической передачи.

Это выражение справедливо только для определения максимального значения момента на валу ИД, т.к. значение к.п.д. обычно даётся только для полной нагрузки. При переходе через 0° крутящий момент на баллере руля равен нулю, однако, момент сопротивления на валу двигателя из-за трения в приводе не равен нулю. В практике проектирования рулевых устройств его значение принято задавать в долях от $M_{\max}$.

Принимают M_0 (0,1-0,2) $M_{\max}$ – для простых рулей; M_0 (0,2-0,3) $M_{\max}$ – для балансируемых рулей. В приближенных расчетах можно принять ряд допущений при построении характеристики момента сопротивления на валу исполнительного двигателя. Рулевые механические приводы обычно выполняются с самотормозящей червячной передачей. Чтобы повернуть её, необходимо иметь на валу двигателя положительный крутящий момент даже в том случае, если при некоторых углах поворота руля на баллере будет отрицательный момент. С достаточной для практических расчётов степенью точности при переднем ходе судна полагают, что момент сопротивления на валу двигателя для всех углов перекадки лежащих в пределах от $-\lambda_{\max}$ до нуля, для простого руля постоянен и равен моменту на валу двигателя при холостом ходе привода M_0 при переходе руля через диаметрально плоскость (ДП). Для балансируемых и полубалансируемых рулей этот момент можно принять постоянным при повороте руля от $-\lambda_{\max}$ до $+\lambda_1$. Далее предполагается, что при дальнейшей перекадке простого руля от нуля до $+\lambda_{\max}$, а балансируемого от $+\lambda_1$ до $+\lambda_{\max}$ момент сопротивления на валу ИД изменяется по прямой от M_0 до $M_{\max}$.

Приближенная характеристика момента сопротивления на валу исполнительного двигателя представлена на рисунке 4.2.

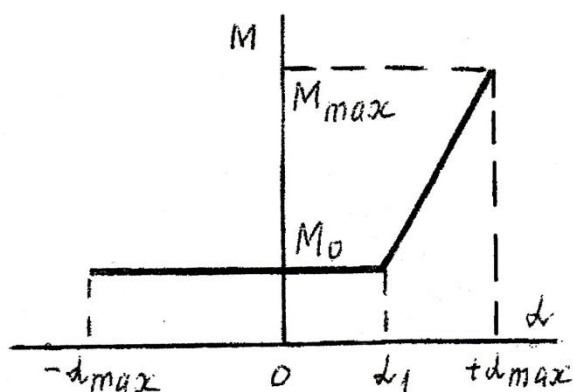


Рисунок 4.2 – Приближенная характеристика момента сопротивления на валу исполнительного двигателя

Следующий этап проектирования – определение механической характеристики ИД. Как правило, РЭМ привод выполняется по системе Г-Д с противокомпаундной обмоткой генератора (ПКО).

Допущение – поток возбуждения генератора Φ_r изменяется линейно

$$\Phi_r = k_1 A W,$$

где k_1 – коэффициент пропорциональности;

AW – ампервитки возбуждения генератора состоящие из ампервитков независимой обмотки AW_x , постоянных по величине, и ампервитков ПКО, пропорциональных току в якоре

$$\Phi_{\Gamma} = k_1 (AW_x - k_2 I_2) = \Phi_x - \Phi_{\text{пко}} = \Phi_x - b_1 I_a,$$

где k_2 , b_1 - коэффициенты пропорциональности.

Считаем $E_{\text{ид}} \equiv \Phi_{\Gamma}$, $E_{\text{ид}} \equiv n$, $n \equiv \Phi_{\Gamma}$, $M_{\text{ид}} \equiv I_a$, тогда для ИД

$$n = n_x - b_2 M.$$

Для режима стоянки под током при заторможенном якоре

$$M = M_{\text{ст}}, \quad n = 0, \quad 0 = n_x - b_2 M_{\text{ст}}, \quad \text{откуда} \quad b_2 = \frac{n_x}{M_{\text{ст}}}.$$

Аналитическое выражение для механической характеристики ИД будет иметь следующий вид

$$n = n_x - \frac{n_x}{M_{\text{ст}}} M = n_x \left(1 - \frac{M}{M_{\text{ст}}} \right), \quad M = M_{\text{ст}} \left(1 - \frac{n}{n_x} \right).$$

В полученных выражениях необходимо задаться моментом стоянки двигателя, а значения n_x определить по заданному Регистром временем перекладки пера руля с борта на борт ($T=28\text{с}$). Момент стоянки ИД должен быть выше момента, необходимого для обеспечения перекладки пера руля на заднем ходу судна, а также на 30 - 50 % выше максимального возможного рабочего момента. Практически рекомендуется принять

$$M_{\text{ст}} = (1,3 \dots 1,5) M_{\text{max}}.$$

Скорость вращения холостого хода двигателя для простых рулей определяется по выражению [3]

$$n_x = \frac{n_i}{\pi} \frac{M_{\text{ст}} \lambda_{\text{max}}}{T} \left(\frac{1}{M_{\text{ст}} - M_0} - \frac{1}{M_{\text{max}} - M_0} 2,3 \log \frac{M_{\text{ст}} - M_{\text{max}}}{M_{\text{ст}} - M_0} \right),$$

для балансирных и полубалансирных рулей

$$n_x = \frac{30iM_{\text{ст}}}{\pi} \frac{1}{T} \left(\frac{\lambda_{\text{max}} + \lambda_1}{M_{\text{ст}} - M_0} - \frac{\lambda_{\text{max}} - \lambda_1}{M_{\text{max}} - M_0} 2,3 \log \frac{M_{\text{ст}} - M_{\text{max}}}{M_{\text{ст}} - M_0} \right).$$

Приближенная (желаемая) механическая характеристика ИД представлена на рисунке 4.3.

Следующий этап проектирования – определение мощности и выбор ИД.

Считаем номинальной мощностью ИД РЭМ, работающего в схеме Г-Д с ПКО, максимальную мощность, которую можно получить по механической характеристике ИД (рисунок 4.3).

Умножаем обе части аналитического выражения механической характеристики ИД на n

$$Mn = nM_{\text{ст}} \left(1 - \frac{n}{n_x} \right) = P.$$

Для определения максимума полученной функции P берется производная и приравняется к нулю

$$\frac{dP}{dn} = M_{ст} \left(1 - 2 \frac{n}{n_x} \right) = 0.$$

В результате решения получим следующие значения номинальной (максимальной) мощности и номинального момента

$$P_{max} = P_{ном} = \frac{M_H n_H}{975} = \frac{1}{4} \frac{M_{ст} n_x}{975} = \frac{M_{ст} n_x}{3900},$$

$$M_H = \frac{1}{2} M_{ст}; \quad n_H = \frac{n_x}{2}.$$

По полученным данным производится выбор ИД РЭМ.

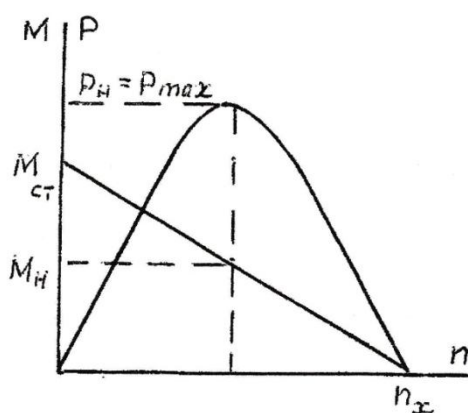


Рисунок 4.3 – Приближенные характеристики исполнительного двигателя

При выборе генератора необходимо учесть, что генератор должен обеспечить n_x и $M_{ст}$ двигателя, а $M \equiv I_\Gamma$, $n \equiv U_\Gamma$, поэтому фиктивная мощность генератора определится выражением

$$P_{Гmax} = M_{ст} n_x = 4 M_H n_H.$$

Полученное выражение было бы справедливо, если бы в магнитную систему генератора были уложены только ампервитки параллельной обмотки возбуждения.

Фактически в системе Г-Д с ПКО на полюса генератора должны быть уложены ампервитки параллельной и противокомпаудной обмоток. Поэтому габариты генератора должны выбираться с учетом необходимости наложения на полюс тех и других ампервитков, а также с учетом перегрузочной способности.

В [3] предложено следующее выражение для расчетной мощности генератора.

$$P_{расч} = \frac{(2.0 \dots 2.4)}{\eta} P_H.$$

Следующий этап проектирования – разработка принципиальной схемы электропривода. Типовые схемы предложены в [1]. Определяется реальная механическая характеристика ИД.

Следующий этап проектирования – построение универсальной диаграммы РЭМ. Построение осуществляется графически с использованием всех четырех квадрантов пространства прямоугольных координат. В первом квадранте строится механическая характеристика РЭМ $n=f(M)$. В четвертом квадранте строится нагрузочная

характеристика (характеристика момента сопротивления) $M_c=f_2(\lambda)$. Третий квадрант – вспомогательный, для поворота угловой координаты. Во втором квадранте графическим путем получается зависимость $n=f_3(\lambda)$ (см. рисунок 4.4).

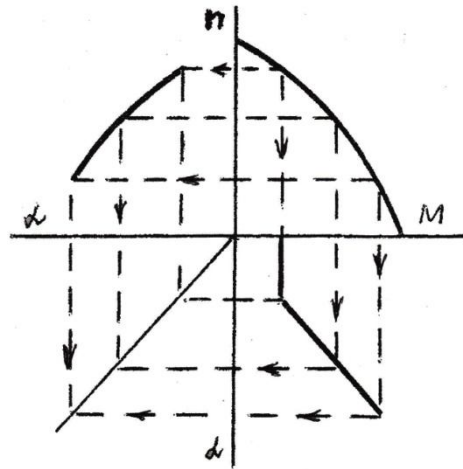


Рисунок 4.4 - Универсальная диаграмма

На универсальной диаграмме можно построить следующие зависимости – $n=f_3(\lambda)$, $M=f_4(\lambda)$, $P=f_5(\lambda)$ т.к., $Mn=P$, $\Delta P=f_6(\lambda)$. к. известно η .

Проверка электропривода заключается в определении продолжительности перекладки пера руля с борта на борт и проверке на нагрев.

Основой расчета продолжительности перекладки являются зависимости

$$dt = i \frac{d\lambda}{d\omega}; \quad t = \int_{-\lambda_{\max}}^{+\lambda_{\max}} \frac{1}{\omega} d\lambda; \quad t = \frac{i\pi}{180} \int_{-\lambda_{\max}}^{+\lambda_{\max}} \frac{1}{\omega} d\lambda;$$

Характеристики движения рулевой системы $\omega=f(\lambda)$ нелинейна, поэтому используется графическое интегрирование. В произвольном масштабе по данным универсальной диаграммы строится кривая $1/\omega = f(\alpha)$ для углов перекладки от $-\lambda_{\max}$ до $+\lambda_{\max}$. Находится площадь, ограниченная кривой $1/\omega = f(\alpha)$ (рисунок 4.5). Расчетное выражение для времени перекладки

$$t = i \cdot a_b \cdot a_g \cdot m_\lambda \cdot m_\omega,$$

где m_λ - масштаб углов, град/мм; m_ω – масштаб функции $1/\omega$, с/мм;

Проверка на нагрев РЭМ привода выполненного по системе Г-Д с ПКО, должна производиться по режиму непрерывных перекладок с борта на борт в течении 30 минут при полном ходе максимально загруженного судна с использованием следующего выражения

$$3600\Delta P_n \geq 2m(\Delta A_{\Pi} + \Delta A_T) + m \cdot \Delta A_{и} + 3600(1-\varepsilon)\Delta P_B,$$

где ΔP_n номинальные потери, приведенные к продолжительному режиму;

ΔA_{Π} , ΔA_T – потери энергии при пуске и торможении; $\Delta A_{и} = \Delta A_{и1} + \Delta A_{и2}$ – потери ИД при перекладке руля в прямом и обратном направлениях; ΔP_B – потери на возбуждение при стоянке ИД; m – число циклов перекладки; ε - относительная продолжительность включения, характеризующая долю рабочего времени за цикл.

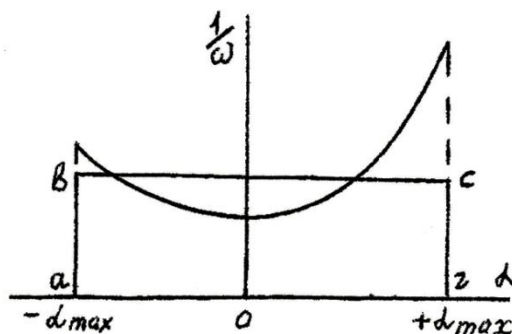


Рисунок 4.5 - Характеристика движения рулевой системы

5. ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Все материалы по курсовому проекту представляются в виде пояснительной записки, выполняемой на листах формата А4, и графического материала на одном листе формата А1.

Пояснительная записка должна содержать:

- требования Правил Регистра к электроприводу;
- обоснование выбора рода тока и величины напряжения;
- назначение, анализ условий и режимов работы устройства;
- расчет, выбор основных параметров и элементов электропривода;
- обоснование выбора принципиальной схемы управления электроприводом;
- нагрузочная диаграмма электропривода для основного режима работы устройства;
- результаты проверки выбранного ИД; выводы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Судовые электроприводы: Справочник/ А.П. Богословский и др.: - Л.: Судостроение, 1983.- 384 с.
2. Сиверс П.Л. Судовые электроприводы/П.Л.Сиверс-М.:Транспорт,1975.-451с.
3. Бабаев А.М. Автоматизированные судовые электроприводы /А.М.Бабаев,В.Я.Ягодкин–М.: Транспорт,1986.-346с.
4. Чекунов К.Я.Судовые электроприводы и электродвижение судов/К.Я.Чекунов – Л.: Судостроение, 1986.- 350 с.
5. Шмаков М.Г. Рулевые устройства судов/ М.Г.Шмаков – Л.: Судостроение, 1968.- 364 с.

