

12. Приведите принципиальную электрическую схему управления и сигнализации компрессора типа АВ-100.

Задание 2

По данным таблицы составить и начертить принципиальную схему электропривода, дать описание её работы.

N	тип ЭД род тока	Тип поста управления	Операции и аппаратура автоматизированного управления	Виды защит
1	ЭД –I смешанного возбуждения	вперед назад стоп	2-х ступенчатый реостатный пуск в функции времен при помощи эл. магнитных реле и контакторов ускорения. Остановка – эл. динамическое торможение	Нулевая, мах. тока КЗ в цепи управления
2	ЭД \sim I с КЗ ротором	вперед назад стоп	Пуск переключением на Δ в функции времени. Остановка – динамическое торможение	нулевая; перегрузки; КЗ
3	ЭД –I смешанного возбужд.	пуск стоп	2-х ступенчатый реостатный в функции тока при помощи 2-катушечных контакторов ускорения Остановка – эл. динамическое тор.	нулевая мах. тока КЗ в цепи управления
4	ЭД \sim I с фазным ротором	пуск Стоп	2-х ступенчатый реостатный пуск в функции тока и КУ Остановка – эл. динамическое тор.	нулевая; перегрузки по I
5	ЭД \sim I с КЗ ротором	пуск стоп	2-х ступенчатый реостатный пуск в функции времени Остановка – эл.	нулевая; перегрузки по I

			динамическое торможение	
6	ЭД ~ I с КЗ ротором	пуск стоп	2-х ступенчатый реостатный пуск в функции времени Остановка – эл. динамическое	нулевая перегрузки
7.	ЭД ~ I смешанного возбуждения..	вперед назад стоп	2-х ступенчатый, реостатный в функции ЭДС Остановка - противовключением	нулевая мах. тока обрыва поля
8.	ЭД ~ I с фазным ротором	пуск стоп	2-х ступенчатый реостатный в функции тока и КУ. Остановка – торможение противовключением	нулевая перегруз. КЗ
9.	ЭД – I смешанного возбуждения	вперед назад стоп	2-х ступенчатый реостатный в функции времени Остановка - противовключением	нулевая перегрузки. по току К.З
10	ЭД ~ тока с Кз. ротором	вперед назад стоп	Ручной и автоматизированный пуск и остановка Реле давления	КЗ. Тепловая нулевая

Задание 3

Паспортные данные электродвигателя постоянного тока смешанного возбуждения приведены в таблице. Пуск ЭД производится при полной нагрузке $M_c = M_n$. Коэффициент инерции привода $K_j = 1,2$

Электродвигатель смешанного возбуждения типа ПМ имеет следующие паспортные данные: $P_n, I_n, U_n, n_n, R_a 20^\circ C, R_c 20^\circ C$.

На основании исходных данных и универсальных электромеханических характеристик, построить:

электромеханические характеристики электродвигателя в абсолютных единицах;

Определить:

- полное сопротивление пускового реостата и сопротивление всех его ступеней при автоматизированном пуске ЭД;
- уставки реле ускорений в функции времени;
- сопротивление резистора электродинамического и экономического резисторов для шунтовой обмотки возбуждения;
- полное сопротивление регулятора оборотов и сопротивление каждой его ступени (не менее 3-х), если регулятор включен в цепь шунтовой обмотки возбуждения; привести схему включения ЭД

	P_H , кВт	I_H , А	U_H , В	i_i об/мин	$R_a 20^0$ Ом	$R_c 20^0$ Ом	$R_{п\%}$	$V\%$
1	3,9	23,6	220	1500	0,72	0,35	100	90
2	37	260	220	3000	0,039	0,018	90	80
3	16	85	220	1500	0,088	0,044	80	70
4	20	121	220	1500	0,091	0,037	110	60
5	50	262	220	3000	0,082	0,009	120	50
6	25	134	220	1500	0,059	0,028	60	40
7	35	190	220	1000	0,05	0,018	50	30
8	63	335	220	1500	0,019	0,01	40	20
9	45	236	220	1000	0,015	0,014	35	110
10	60	314	220	1000	0,02	0,009	55	10

3.1 На основании (рис 34) универсальных электромеханических характеристик задаемся долевыми значениями I^d и определяем долевы значения $n^d; M^d$

3.2 Момент номинальный (н.м)

$$M = \frac{P_H}{\omega} = \frac{P_H}{\frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60}}$$

3.3 По значениям долей определяем истинные значения тока, момента, частоты вращения

$$I = I_H \cdot I^d; M = M_H \cdot M^d; n = n_H \cdot n^d$$

Значения вносим в таблицу

I^d	M^d	n^d	I (а)	M (н.м)	n (об/мин)
0					

3.4 Строим зависимости $n = f(I); n = f(M)$ в одной системе координат

N Вариан- та	GD2 кг.м2	$r_{ш}$ Ом	I в %	n%
1	5,9	35,8	100	100
2	10,3	37,8	90	103
3	0,56	133	80	108
4	3,1	40,5	70	112
5	1,4	77	60	120
6	0,3	168	50	132
7	12	32	40	153
8	1,6	67	30	190
9	7,0	48	20	280
10	2,7	52	15	360

Методические указания к решению Задачи

Строим ЕМХ $n = f(m)$ Откладываем по оси момента значения моментов переключения, номинальный, пусковой ($M_n, M_{пер}, M_n$)

$$M_n = 9550 \frac{P_n}{n_n} \quad M_{пер} = (1.1 \div 1.2) \cdot M_n$$

$$M_n = (2 \div 2.5) \cdot M_n$$

Из них восстанавливаем перпендикуляры до пересечения с ЕМХ, полученные точки соединяем прямой линией и продолжаем её во второй квадрант. (Рис.114 Фесенко 1ч.)

Определяем естественную частоту вращения n_e для момента переключения; затем определяем частоту вращения искусственную, соответствующую первой реостатной характеристике и моменту переключения n_u

$$n_u = n_e \cdot \frac{U_n - I_{пер} \cdot R}{U_n - I_{пер} \cdot r_{я}}$$

$$R = \frac{U_n}{I_{пуск}}$$

$$I_{пуск} = (2 \div 2.5) \cdot I_n \quad I_{пер} = (1.1 \div 1.2) \cdot I_n$$

Определяем точку $(n_u, M_{пер}) (0, M_n)$

Через точки проводим прямую до пересечения с прямой через ЕМХ. Получаем точку А. из которой выходят все лучи.

Определяем величину пускового сопротивления (Ом)

$$r_n = R - r_{я}$$

В соответствии с формулами XI –14 определим величины ступеней пускового сопротивления для вывода электродвигателя на естественную механическую характеристику.

Момент инерции привода

$$j = \frac{GD^2 * 9,8}{4} \cdot K_j$$

Выражение моментов в долевых величинах

$$M_c^\partial = M_n^\partial = 1$$

$$M_n^\partial = \frac{M_n}{M_H}$$

$$M_{пер}^\partial = \frac{M_{пер}}{M_H}$$

$$M_{дн_1}^\partial = M_n^\partial - M_c^\partial$$

$$M_{дн_2}^\partial = M_{пер}^\partial - M_c^\partial$$

Уставки реле переключения для вывода величин пускового сопротивления (с)

Первая ступень

$$t_1 = j \cdot \frac{n_n}{4.15 \cdot M_H} \cdot \frac{n_1^\partial}{M_{дн_1}^\partial - M_{дн_2}^\partial} \cdot \lg \cdot \frac{M_{дн_1}^\partial}{M_{дн_2}^\partial}$$

$$n^\partial = \frac{n_u}{n_n}$$

Вторая ступень

$$t_2 = t_1 \cdot \frac{\Pi_2^\partial - n_1^\partial}{n_1^\partial}$$

Третья ступень

$$t_3 = t_2 \cdot \frac{\Pi_3^\partial - n_2^\partial}{n_2^\partial - n_1^\partial}$$

Четвертая ступень

$$t_4 = t_3 \cdot \frac{\Pi_4^\partial - n_3^\partial}{n_3^\partial - n_2^\partial}$$

С учетом собственного времени срабатывания контактора $t_k = 0.15$ (с)

$$t_{py1} = t_1 - 0.15$$

$$t_{py2} = t_2 - 0.15$$

$$t_{py3} = t_3 - 0.15$$

$$t_{py4} = t_4 - 0.15$$

Сопротивление динамического торможения (XI -17)

$$E_m = E_H = U_H - I_H \cdot r$$

$$r = r_a + r_c$$

$$r_r = \frac{E_m}{I_H} - r_a$$

Определение ступеней сопротивлений в цепях возбуждения. Примем допустимо

максимальную частоту вращения электродвигателя равной $n_{max} = 2.2 \cdot n_n$

Коэффициент нарастания частоты вращения относительно номинальной (XI -24)

$$K = \sqrt[m]{\frac{n_{max}}{n_n}} \quad m = 4 \text{ число ступеней сопротивления частоты вращения}$$

$$n_{нач} = n_n$$

$$n_1 = K \cdot n_n$$

$$n_2 = K^2 \cdot n_n$$

$$n_3 = K^3 \cdot n_n$$

$$n_4 = K^4 \cdot n_n$$

Для этих частот по графику $n\% = f(I\alpha\%)$ определяем значение тока возбуждения
Сопротивление обмотки возбуждения (Ом)

$$I_{\theta} = \frac{U}{r_{ш}}$$

$$r_1 = \frac{U_H}{I_{B_1}} - r_B$$

$$r_2 = \frac{U_H}{I_{B_2}} - r_B - r_1$$

$$r_3 = \frac{U_H}{I_{B_3}} - r_B - r_1 - r_2$$

$$r_4 = \frac{U_H}{I_{B_4}} - r_B - r_1 - r_2 - r_3$$

Величина разрядного резистора

$$r_p = (3 \div 5) \cdot r_{ш}$$

Задание 4

Паспортные данные асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором приведены Асинхронный электродвигатель типа 4А имеет следующие паспортные данные

	Рн, кВт	Ун, в	Ин, А	Пн, об/м	$\frac{M_{max}}{M_n}$	$\frac{M_p}{M_n}$
1	7,5	380	14,9	2900	2,8	2
2	4	380	8,3	1450	2	1,5
3	3	440	7,4	955	2,5	2
4	7,5	440	16	715	1,7	1,2
5	55	380	116	590	1,8	1
6	10	440	25	950	1,8	1,2
7	15	380	29,3	1465	2,3	1,4
8	22	380	55	1440	2	1,2
9	5,5	440	12,2	965	2,5	2
10	17	380	34	720	1,7	1,1

Пуск ЭД производится при $M_c = 0,1$ Мн. Коэффициент инерции привода $K_j = 1,2$

Определить:

величину сопротивления резистора, включенного в цепь обмотки статора ЭД для ограничения пускового тока в 2 раза

уставку реле ускорения в функции времени

величину напряжения сети постоянного тока для электродинамического торможения ЭД

N варианта	GD^2 кг/м ²
1	1,2
2	0,73
3	0,18
4	3,6
5	2,1
6	1,8
7	4,7
8	1,0
9	4,6
10	0,9

4.1. Расчет величины пускового тока (А)

$$I_n = K_i \cdot I_H$$

4.2 Полное сопротивление фазной обмотки статора при прямом пуске (Ом)

$$Z_k = \frac{U_{1H}}{\sqrt{3} \cdot I_n}$$

Полное сопротивление фазной обмотки статора при пуске через активное сопротивление (Ом)

$$Z_k = \frac{U_{1H}}{\sqrt{3} \cdot I_n \cdot \alpha} \quad \alpha - \text{показывает величину ограничения пускового тока}$$

4.3 Активное сопротивление фазной обмотки статора (Ом)

$$R_k = Z_k \cdot \cos \phi_n$$

$$\cos \phi_n = \cos \phi_H \cdot \left[\frac{K_n}{K_i} \cdot \frac{\eta_H}{1 - S_H} + K_i \cdot 0.35 \cdot (1 - \eta_H) \right]$$

4.4 Реактивное сопротивление фазной обмотки статора (Ом)

$$X_k = \sqrt{Z_k^2 - R_k^2}$$

4.5 Величина сопротивления для ограничения пускового тока (Ом)

$$R_n = \sqrt{\left(\frac{Z_k}{\alpha} \right)^2 - X_k^2 - R_k}$$

4.6 Величина момента номинального (н.м)

$$M_H = 9550 \cdot \frac{P_H}{n_H}$$

4.7 Величина момента пускового (н.м)

$$M_n = K_n \cdot M_H$$

- коэффициент уменьшения момента $\beta = \alpha^2$
- пусковой момент $M_1 = \beta \cdot M_n$
- момент переключения $M_2 = \beta \cdot M_n$
- долевые моменты $M_{c^{\circ}} = 0.1$ $M_1^{\circ} = \frac{M_1}{M_n}$ $M_2^{\circ} = \frac{M_2}{M_n}$
- динамические моменты $M_{\partial 1}^{\circ} = M_1^{\circ} - M_{c^{\circ}}$ $M_{\partial 2}^{\circ} = M_2^{\circ} - M_{c^{\circ}}$

4.8 Момент инерции

$$j = \frac{GD^2 * 9,8}{4} \cdot K_j$$

4.9 Время разгона до номинальной частоты вращения (с)

$$t_1 = j \cdot \frac{P_n}{4.15 \cdot M_n} \cdot \frac{n_1^{\circ}}{M_{\partial 1}^{\circ} - M_{\partial 2}^{\circ}} \cdot \lg \frac{M_{\partial 1}^{\circ}}{M_{\partial 2}^{\circ}}$$

Собственное время $t_{1.c.} = t_1 - t_k$ $t_k = 0,15c$

6.10 Напряжение динамического торможения (В)

$$I_{тор} = I_n$$

$$U_T = 1.25 \cdot I_{тор} \cdot (R_1 + R_2)$$

$R_1 + R_2$ – сопротивление 2-х обмоток

1,25 – запас по мощности

Задание 5

Выбор электродвигателя шлюпочной лебедки

1. Суммарное тяговое усилие: F (кН)
2. Максимальное число слоев на барабане: m
3. Диаметр барабана: D (м)
4. Диаметр троса: d (м)
5. КПД механизма и направляющих блоков:

№вар	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F	14	62	70	25	40	10	30	63	80	50
m	5	3	6	4	3	3	5	3	6	5
D	0,2	0,21	0,42	0,3	0,28	0,15	0,18	0,2	0,25	0,4
d	0,012	0,015	0,018	0,015	0,011	0,01	0,01	0,016	0,018	0,017
кпд	0,84	0,75	0,81	0,74	0,69	0,82	0,83	0,75	0,7	0,8

Спуск шлюпок осуществляется без участия электропривода при подтормаживании с помощью механического тормоза с наибольшей скоростью 0,5 м/с. Основным режимом электропривода шлюпочной лебедки является одноразовый подъем шлюпки в течение ограниченного времени, не превышающего 5 мин. Скорость подъема шлюпок 0,1 - 0,15 м/с, при этом необходимость в регулировании скорости отсутствует.

Выбор электродвигателя шлюпочной лебедки

Выбор двигателя осуществляется по условию обеспечения спуска при наибольшей расчетной нагрузке. Поскольку время подъема шлюпки, не превышает 5 мин, двигатели могут иметь значительную перегрузку по сравнению с каталожными данными,

приводимыми для режима 30 мин. Мощность двигателей в режиме 5 мин составляет $P = (1,8 \div 2,0)P_{H30}$ или $P = (2 \div 2,3)P_{H60}$.

Т а б л и ц а 1.1. Технические данные электроприводов шлюпочных лебедок

Параметры шлюпочной лебедки		Переменный ток				
Суммарное тяговое усилие в тросе при подъеме шлюпки, кН	Средняя скорость подъема шлюпки, м/с	Двигатель				Тип магнитного пускателя
		Тип	Мощность в режиме 30 мин, кВт	Синхронная частота вращения, об/мин	Пусковой момент, Н·м	
10	0,1—0,15	МАП 121-6	1,6	1000	42	ПММ 1211-1
16		МАП 122-6	2,9		85	ПММ 1211-1
25		МАП 221-6	5,2		120	ПММ 1211-1
40		МАП 421-6	10,4		360	ПММ 3211
63		МАП 421-6	10,4		360	ПММ 3211
100		МАП 422-6	20,0		550	ПММ 4211
Параметры шлюпочной лебедки		Постоянный ток				
Суммарное тяговое усилие в тросе при подъеме шлюпки, кН	Средняя скорость подъема шлюпки, м/с	Двигатель смешанного возбуждения				Тип магнитного контроллера
		Тип	Мощность в режиме 30 мин, кВт	Частота вращения, об/мин	Максимальная частота вращения, об/мин	
10	0,1—0,15	ДПМ 11	2,2	1200	3300	ВП 31
16		ДПМ 12	3,2	1175	3300	
25		ДПМ 21	5,0	1060	3200	
40		ДПМ 31	9,8	870	2600	
63		ДПМ 31	9,8	870	2600	
100		ДПМ 32	14	800	2300	
<p>Примечание. В качестве пускорегулирующих применяются резисторы типа С 8 (по одному ящику для первых пяти габаритов и два ящика для лебедок последнего габарита).</p>						

Таблица 1.2. Технические данные односкоростных электродвигателей серии МАП на 1500 и 1000 об/мин

Тип электродвигателя	Мощность, кВт	Частота вращения, об/мин	Номинальный ток при 380 В, А	Момент, да Н·м		Пусковой ток при 380 В, А	cos φ	GD ² , кг·м ²	КПД, %
				максимальный	пусковой				
Синхронная частота вращения 1500 об/мин									
МАП 121-4	2,4	1410	5,5	4,3	3,2	27	0,86	0,07	80
МАП 122-4	4,8	1415	10,5	9,6	8,8	61	0,8	0,12	82
МАП 221-4	7,0	1445	16,5	18,0	14,0	109	0,76	0,19	85
МАП 421-4	10,0	1425	19,2	22	16	130	0,9	0,5	87
МАП 421-4	14,0	1425	28	32	26	185	0,87	0,5	85
МАП 422-4	20,0	1450	39,5	56	38	320	0,88	0,8	89
МАП 521-4	34,0	1445	53,5	90	80	550	0,91	2,3	91
МАП 621-4	67,0	1450	125	165	100	1000	0,90	4,45	93
МАП 622-4	90,0	1435	165	250	190	1580	0,92	5,5	93
Синхронная частота вращения 1000 об/мин									
МАП 121-6	1,2	890	4,6	4,2	4,2	155	0,64	0,07	66
МАП 122-6	2,2	890	8,0	8,5	8,5	28	0,62	0,12	69
МАП 221-6	4,0	890	11,8	15	13	46	0,78	0,19	83
МАП 421-6	5,5	915	13,6	22	22	70	0,76	0,5	82
МАП 421-6	8,0	925	22,3	36	36	115	0,68	0,5	80
МАП 422-6	15,0	880	36	55	55	160	0,8	0,8	79
МАП 521-6	25	930	49,5	85	60	280	0,89	2,3	89
МАП 621-6	50	960	100	165	130	780	0,82	4,45	90
МАП 622-6	65	970	130	270	160	1000	0,85	5,5	89

Номинальная частота вращения двигателя находится в пределах 800-1100 об/мин. Это условие определяется безопасностью обслуживания механизма. При поломке муфты свободного хода в механизме лебедки двигатель может не отключиться, и тогда его скорость по отношению к номинальной увеличится в три-четыре раза, однако частота вращения не должна превышать 3500 об/мин для двигателей переменного тока и 110% максимально допустимой для двигателей постоянного тока.

Момент на валу двигателя при подъеме шлюпки (перед заваливанием) определяется выражением

$$M_1 = \frac{F [D_6 + (2m - 2)d_{mp}]}{2i\eta_{мех}}$$

где F – суммарное тяговое усилие; m – максимальное число слоев на барабане; D_b и d_{mp} – диаметры барабана и троса; $\eta_{мех}$ – КПД механизма и направляющих блоков.

Поскольку скорость спуска регламентирована, передаточное число не должно превышать значения

$$i_{\max} = \frac{(D_b + md_{mp})n_{\max}}{19},$$

где n_{\max} – наибольшая кратковременная частота вращения двигателя.

Исполнительные двигатели переменного тока выбирают по пусковому моменту, исходя из условия

$$M_{II} > 1,7M_1,$$

и проверяют по максимальному моменту в соответствии с условием

$$M_{\max} > 1,8M_1.$$

Исполнительные двигатели постоянного тока выбирают по моменту, приведенному к режиму 30 мин, исходя из условия

$$M_{II} = M_1/1,5.$$

Выбранные таким образом двигатели будут удовлетворять всем условиям эксплуатации устройств спасательных шлюпок.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Акулов Ю.И. Гребные электрические установки. – М.: Транспорт, 1982.
2. Бабаев А.М., Ягодкин В.Я. Автоматизированные судовые электроприводы. – М.: Транспорт, 1986.
3. Головин Ю.К. Судовые электрические приводы. – М.: Транспорт, 1991.
4. Ужанский В.С., Каплин Л.Г., Вольская Л.С. Холодильная автоматика. Справочник. – М.: Пищевая промышленность, 1971.
5. Фесенко В.И. Электрооборудование промысловых судов. – Л.: Судостроение, 1974.
6. Фесенко В.И. Автоматизированные судовые электроприводы. – М.: Пищевая промышленность, 1983.
7. Конторович В.И., Подлипенцева З.В. Основы автоматизации холодильных установок. – М.: Агропромиздат, 1987.
8. Лунеев Д.Е. Основы автоматики и автоматизации производства на предприятиях и судах рыбной промышленности. – М.: Агропромиздат, 1991.
9. Ейдеус Л.И. Системы и средства автоматизации судовых холодильных установок. – М.: Пищевая промышленность, 1983.
10. Сержантов В.В. Гребные электрические установки. – Л.: судостроение, 1970.
11. Хайкин А.Б. Автоматизированные гребные электрические установки. – М.: Транспорт, 1986.
12. Рукавишников С.Б. Автоматизированные гребные электрические установки. – Л.: Судостроение, 1983.