

Способы пуска асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором.

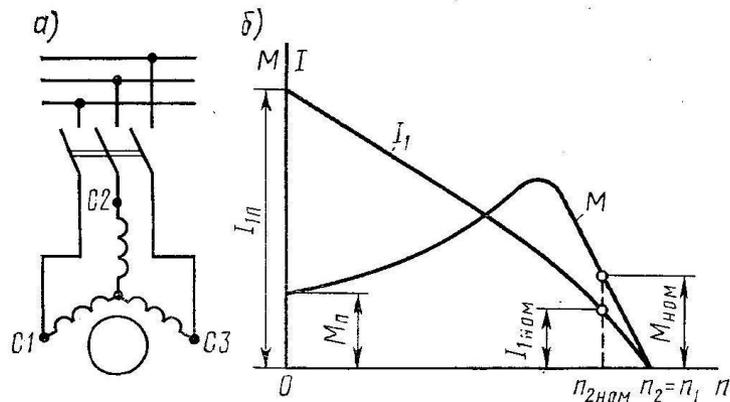


Схема непосредственного включения в сеть (а) и графики изменения тока и момента при пуске (б) асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором

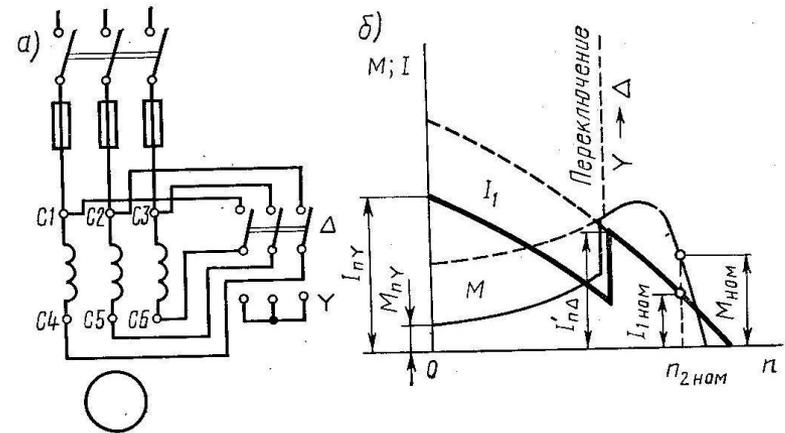
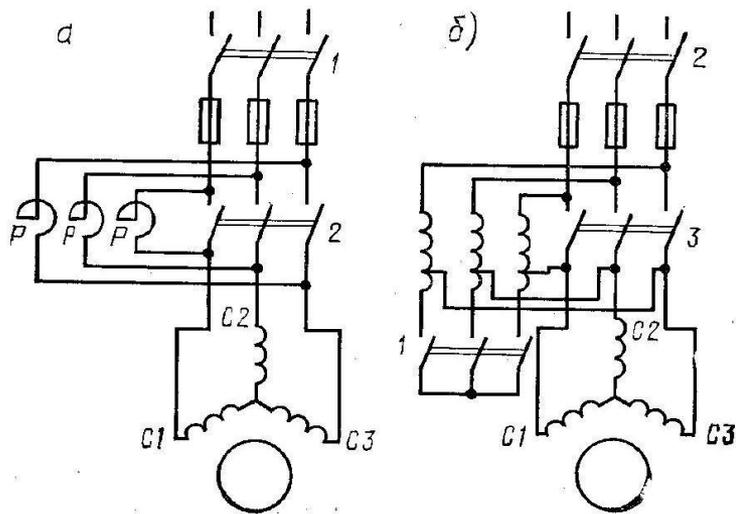


Схема включения (а) и графики изменения момента и тока (фазного) при пуске (б) асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором переключением обмотки статора со звезды на треугольник



Схемы пуска реакторного (а) и автотрансформаторного (б) асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором

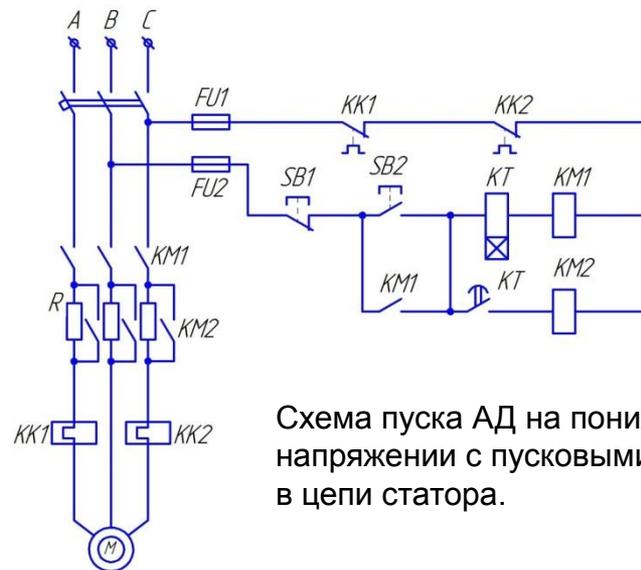


Схема пуска АД на пониженном напряжении с пусковыми резисторами в цепи статора.

Условия работы электрооборудования на судах.

Параметр	Отклонение от номинальных значений, %		
	Длительное	Кратковременное	Продолжительность кратковременного отклонения, с
Напряжение	+6 -10	+15 -30	1,5
Частота	±5	±10	5

Электрическое оборудование должно безотказно работать в условиях относительной влажности воздуха (80 ± 3) % при температуре $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$, а также при относительной влажности (95 ± 1) % при температуре $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Электрическое оборудование судов классов «М», «О», а также судов класса «Р», выходящих в водохранилища, должно безотказно работать при длительном крене судна до 15° и дифференте до 5° , а также при бортовой качке до $22,5^\circ$ с периодом качки 7—9 с и килевой до 10° от вертикали.

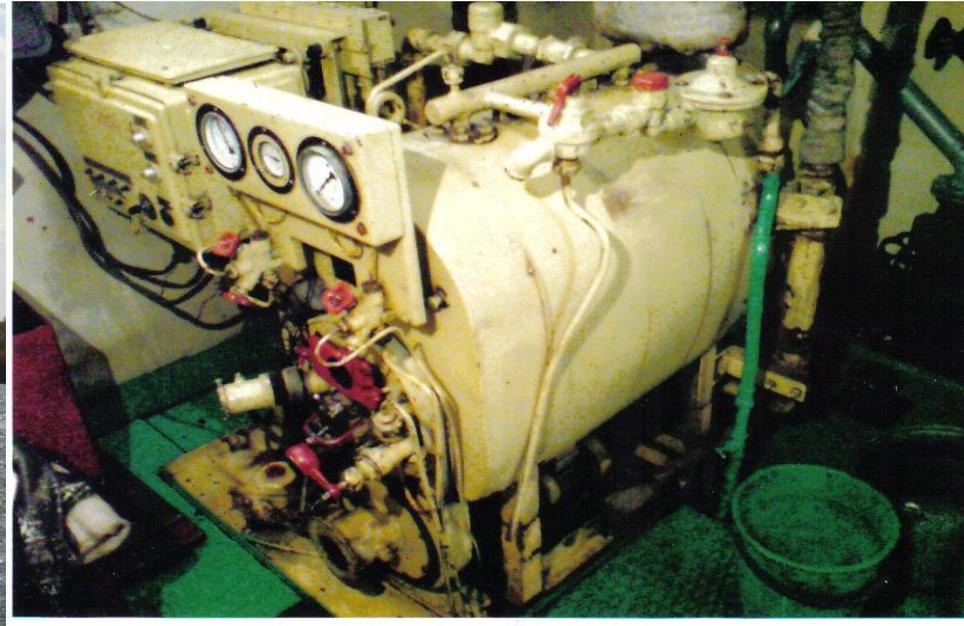
Аварийные источники электрической энергии и электрическое оборудование, питаемое от аварийных источников, дол-

Место расположения оборудования	Температура, $^\circ\text{C}$	
	воздуха	воды
Машинные помещения, камбузы и специальные электрические помещения	от $+40$ до -10	25
Открытые палубы	от $+40$ до -30	—
Другие помещения и пространства	от $+40$ до -10	—

жны надежно работать при длительном крене до $22,5^\circ$ и дифференте до 10° , а также при одновременном крене и дифференте в указанных пределах.

Электрическое оборудование должно безотказно работать при вибрациях с частотой 5—30 Гц, с амплитудой 1 мм для частоты 5—8 Гц и с ускорением $0,5g$ для частоты 8—30 Гц.

Электрическое оборудование должно безотказно работать при ударах с ускорением $3g$ при частоте от 40 до 80 ударов в минуту.



Режимы работы электродвигателей в электроприводе.

Режимы работы электрооборудования по нагреву.

Наименование режима	Характеристика режима	Время работы	
		Для эл. аппаратов.	Для эл. машин.
Длительный режим (продолжительный)	Это такой режим, при котором рабочий период при неизменном токе, настолько велик, что превышение нагрева достигает установившегося значения.	$t_{\text{раб}} > 4T$	S1
Кратковременный режим.	Это такой режим, при котором рабочий период при неизменном токе, настолько мал, что превышение нагрева не достигает установившегося значения, а пауза настолько велика, что до возобновления нагрузки превышение нагрева равно нулю (электрооборудование охлаждается до температуры окружающей среды).	$t_{\text{раб}} > 4T$ $t_{\text{паузы}} > 4T$	S2 Длительность режима S2: 10, 30, 60, 90 мин.
Повторно-кратковременный режим. Продолжительность включения ПВ (в относительных единицах), ПВ% (в процентах)	Это такой режим, при котором рабочий период при неизменном токе чередуются с паузами ($I = 0$) так, что ни в одном из рабочих периодов превышение нагрева не достигает $\tau_{\text{уст}}$, а во время паузы температура оборудования не достигает температуры окружающей среды.	$t_{\text{раб}} + t_{\text{паузы}} = t_{\text{цикла}}$ $t_{\text{раб}} < 4T$ $t_{\text{паузы}} < 4T$	Основной режим ПВ-S3. $t_{\text{цикла}} = 10$ мин. $PВ = \frac{t_{\text{раб}}}{t_{\text{раб}} + t_{\text{паузы}}}$ Стандартная ПВ% = 15, 25, 40, 60% S4-ПВ с частыми пусками S5-ПВ с частыми пусками и эл. торможением.
Переключающийся режим ПН-продолжительности нагрузки. $t_{\text{цикла}} = 10$ мин. ПВ% = 15, 25, 40 и 60%	Это такой режим, при котором электрооборудование длительно нагружено, но величина нагрузки периодически меняется, при этом превышение нагрева ни при одной из нагрузок не достигает $\tau_{\text{уст}}$, а в периоды с меньшим нагрузками электрооборудование не успевает охлаждаться до температуры окружающей среды.	$t_{\text{раб1}} < 4T$ $t_{\text{раб2}} < 4T$ $t_1 < 4T$ $t_{\text{раб}} = t_{\text{раб1}} + t_{\text{раб2}} + \dots + t_i$	Основной режим ПН-S6 $ПН = \frac{t_{\text{раб}}}{t_{\text{раб}} + t_{\text{ох}}}$ где $t_{\text{ох}}$ - время х.х. S7 - с частыми пусками при эл. торможении. S8 - переключающийся

Класс изоляции	Предельная температура нагрева, °C	Краткая характеристика материала
Y	90	Непропитанные волокнистые материалы из целлюлозы и шелка
A	105	Пропитанные волокнистые материалы из целлюлозы и шелка
E	120	Синтетические, органические пленки
B	130	Материалы на основе слюды, асбеста и стекловолна, применяемые в сочетании с органическими связующими и пропитывающими составами
F	155	Материалы на основе слюды, асбеста и стекловолна в сочетании с синтетическими связующими и пропитывающими составами
H	180	Материалы на основе слюды, асбеста и стекловолна, применяемые в сочетании с кремнийорганическими связующими и пропитывающими составами
C	Более 180	Слюда, керамические материалы, стекло, кварц, применяемые без связующих составов

Тепловой расчет аппаратуры сводится к определению неизменного по величине длительного тока, вызывающего такой же нагрев, что и реально меняющийся ток. Нагрев (превышение нагрева) - превышение температуры электрооборудования над температурой окружающей среды.

Уравнение нагрева (превышение нагрева).

$$\tau_t = \tau_{\text{уст}} \cdot \left(1 - e^{-\frac{t}{T}}\right) + \tau_0 \cdot e^{-\frac{t}{T}},$$

где τ_t - величина превышения нагрева в конце любого отрезка времени, °C;
 $\tau_{\text{уст}}$ - установившееся превышение нагрева при длительно допустимом токе нагрузки, °C;
 t - время, для которого определяется величина превышения нагрева, сек;
 T - постоянная времени нагревания, сек;
 τ_0 - превышение нагрева в момент изменения тока нагрузки, °C;
 e - основание натурального логарифма, $e = 2,718$.

Установившееся превышение нагрева при длительно допустимом токе нагрузки $I_{\text{ном}}^{\text{нагр}}$

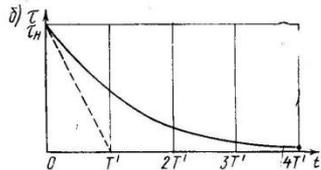
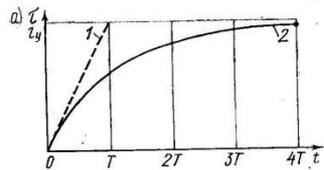
$$\tau_{\text{уст.дл}} = \theta_d - \theta_{\text{ср}},$$

где $\theta_{\text{дл}}$ - длительно допустимая температура, °C;
 $\theta_{\text{ср}}$ - температура среды, °C.

При токе I , отличном от $I_{\text{ном}}^{\text{нагр}}$, установившееся превышение нагрева:

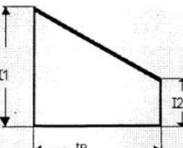
$$\tau_{\text{уст}} = \tau_{\text{уст.дл}} \cdot \left(\frac{I}{I_{\text{ном}}^{\text{нагр}}}\right)^2,$$

где $\frac{I}{I_{\text{ном}}^{\text{нагр}}}$ - кратность тока

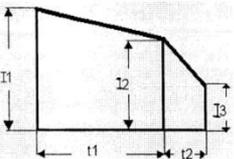


Кривые нагрева и охлаждения электродвигателя

Определение эквивалентного тока по теплу:

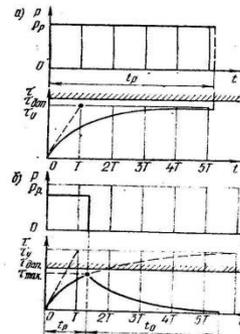


$$I_{\text{э.м}} = \sqrt{\frac{I_1^2 + I_2^2 + I_1 \cdot I_2}{3}}$$

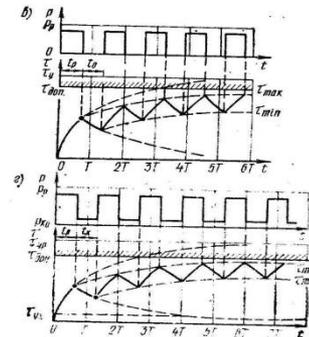


$$I_{\text{э.м}} = \sqrt{\frac{(I_1^2 + I_2^2 + I_1 \cdot I_2) \cdot t_1 + (I_2^2 + I_3^2 + I_2 \cdot I_3) \cdot t_2}{3 \cdot (t_1 + t_2)}}$$

Эквивалентный ток по перегреву (эквивалентный ток превышению нагрева) $I_{\text{э.м}}$ - такой неизменный по величине ток, при котором за рассматриваемый промежуток времени устанавливается перегрев, равный max перегреву от действия изменяющегося тока за тот же промежуток времени.

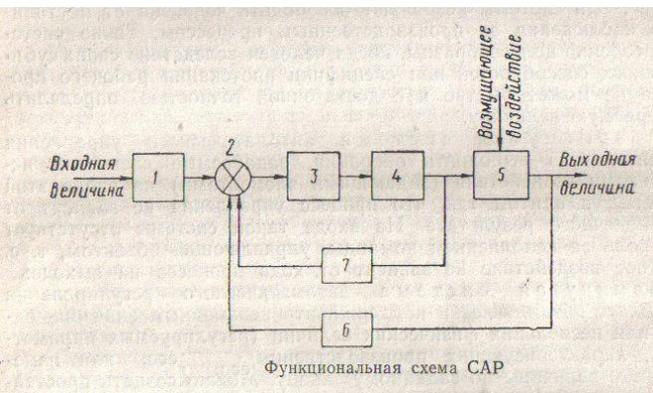


Графики нагрузки, кривые нагрева и охлаждения двигателей при режимах работы
 а - продолжительном;
 б - кратковременном;



а - повторно-кратковременном;
 б - переключающемся

Классификация систем автоматического регулирования. Состав систем автоматического регулирования (САР).



1. Задающий элемент.
2. Элемент сравнения.
3. Усилительный элемент.
4. Исполнительный механизм.
5. Объект регулирования.
6. Элементы главной обратной связи.
7. Элемент местной обратной связи.

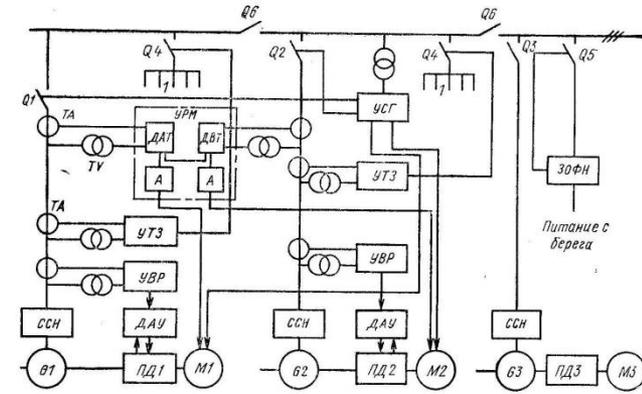
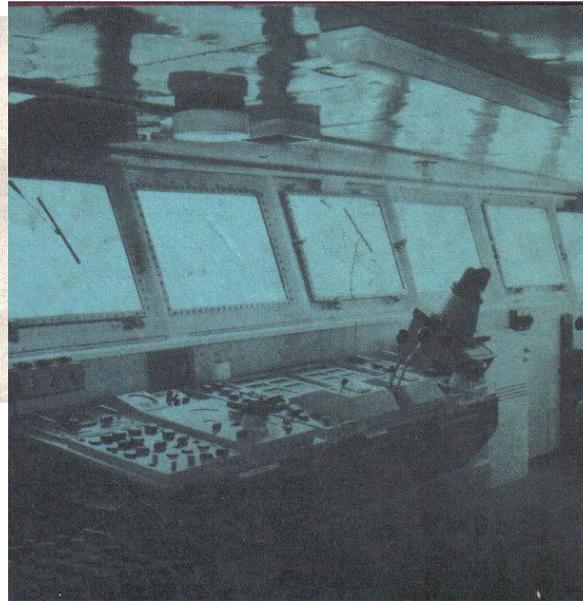
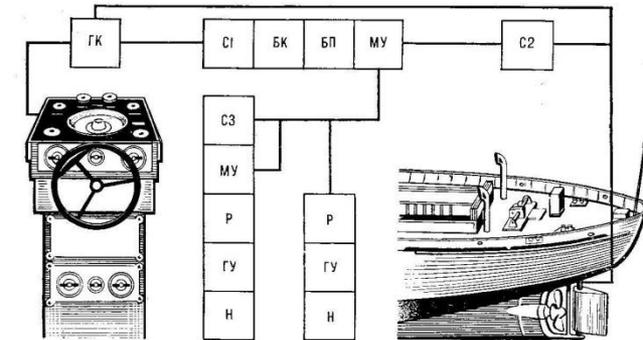


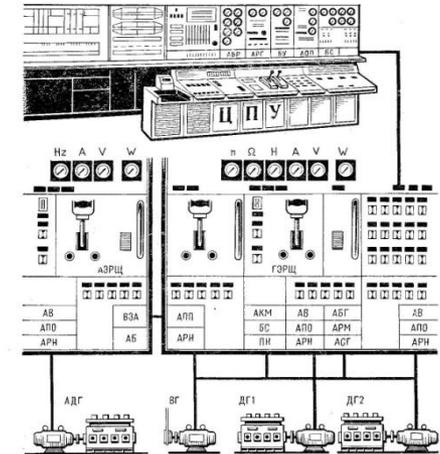
Схема автоматизированной судовой электростанции

Классификация САР:

1. Системы стабилизации.
2. Системы программного регулирования.
3. Следящие системы.
4. Статические и астатические САР.
5. Системы прерывистого (дискретного) действия.
6. Одноконтурные и многоконтурные САР.



Структурная схема авторулевого



Структурная схема автоматизации СЭС