

Султанов Э.Ф., Мамедов Э.М.

ОСНОВНЫЕ ПРЕИМУЩЕСТВА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДОМ ЯКОРНОГО УСТРОЙСТВА С ПОМОЩЬЮ ЧАСТОТНОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

В статье рассмотрены вопросы связанные с применением современного полупроводникового преобразователя частоты для регулирования скорости асинхронного двигателя судового якорного устройства и выявлены основные преимущества такого электропривода.

Анализ результатов исследования показал, что при регулировании скорости вращения электродвигателя якорного устройства с помощью частотного преобразователя, обеспечивается широкий диапазон и плавность регулирования.

В сравнении с применяемой на судах контакторной системой управления, эксплуатационные показатели современных частотных преобразователей на основе бесконтактных полупроводников, а также их надежность намного выше.

Сокращение числа трёхфазных статорных обмоток, приводит к снижению массогабаритных показателей и стоимости нового изготовленного электродвигателя примерно в два раза.

Ключевые слова: судно, якорное устройство, асинхронный двигатель, частота вращения, регулирование, преобразователь частоты.

Введение: Якорно-швартовные устройства считаются одними из наиболее важных судовых потребителей электроэнергии. Эти устройства обеспечивают безопасную швартовку, надежную стоянку судна у причалов и других плавучих и береговых сооружений, а также якорную стоянку на рейде. Однако электрические приводы, приводящие в движение эти устройства, технически устарели и не могут отвечать современным требованиям. Асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором для привода этих устройств, спроектированные ещё в 1976-м году отдельными сериями были применены в электроприводах палубных механизмов [2]. Известно, что в ранее используемых асинхронных электродвигателях преимущественным, с точки зрения надежности установки, было регулирование скорости вращения путем изменения числа пар полюсов асинхронного электродвигателя с короткозамкнутым ротором. Указанный тип электродвигателей используется на судах в настоящее время и имеет статорную обмотку, состоящую из 3-х фазных электрически не связанных друг с другом обмоток с разным числом пар полюсов. Электродвигатели малой мощности (приблизительно до 10кВт) выпускаются с двумя, а средней и большой мощности с тремя обмотками.

Следует отметить, что массогабаритные показатели указанных электродвигателей относительно выше, чем у обычных двигателей с одной статорной обмоткой и кроме того, они не могут обеспечить требуемый диапазон регулирования скорости якорно-швартовных устройств [3, 4].

Основная часть: Учитывая вышеуказанное, в статье предложено управление электродвигателем якорного устройства с помощью современных частотных преобразователей, с использованием широко применяемого в последнее время (последние 10 лет) частотного преобразователя со звеном постоянного тока и инвертором напряжения с широтно-импульсной модуляцией. Применение данного частотного преобразователя обеспечивает плавное регулирование скорости электродвигателя в диапазоне (20÷30):1 и снижает, возникающие при регулировании, электрические потери. Это достигается тем, что в

процессе регулирования скольжение двигателя не изменяется. Механические характеристики, соответствующие регулированию с помощью указанного частотного преобразователя скорости вращения асинхронного двигателя с короткозамкнутым ротором при постоянстве момента сопротивления, показаны на рис.1.

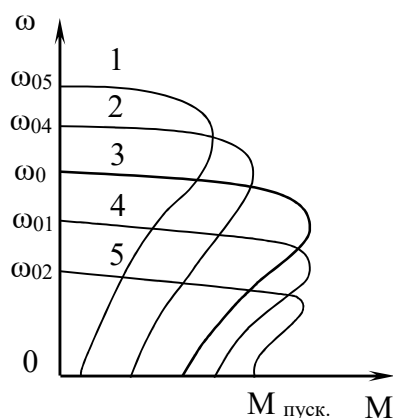


Рисунок 1 – Механические характеристики асинхронного двигателя при регулировании скорости вращения с помощью частотного преобразователя с широтно-импульсной модуляцией

Характеристика 3 на рис.1 является естественной характеристикой двигателя, то есть характеристика, соответствующая номинальным значениям напряжения и частоты ($U_{ном}=380$ В, $f_{ном}=50$ Гц). Характеристики 4 и 5 являются характеристиками, полученными соответственно при пониженных значениях напряжения и частоты. Характеристики 2 и 1 это характеристики, полученные соответственно при номинальном значении напряжения и значении частоты, выше номинального.

Следует отметить, что опускание якоря производится с помощью электрогидравлического тормозного устройства и электродвигатель в этом процессе не участвует. Процесс съема с якоря и выбирание якорной цепи осуществляется с помощью электрического привода, управляемого с поста, располагаемого вблизи якорного устройства. Во время выбирания якорной цепи и поднятия якоря, режим работы электродвигателя якорного устройства изменяется в широком диапазоне. В некоторый момент времени электродвигатель даже может остановиться под нагрузкой (режим короткого замыкания). Именно по этой причине для электропривода якорного устройства изготавливаются специальные электродвигатели. Рассмотрим параметры и механические характеристики одного из таких электродвигателей, наиболее широко применяемого на судах, плавающих под флагом Азербайджанской Республики:

Тип двигателя - МАП 622-4/8/16. Здесь 4, 8, 16 – соответственно число пар полюсов статорных обмоток высшей, средней и малой скоростей. Мощности эти обмоток соответственно $P_{ном}=28/36/10$ кВт. Номинальные скорости вращения соответственно $n_{ном}=1445/670/315$ об/мин.

Перегрузочная способность обмоток, начиная с обмотки низшей скорости (1-ая обмотка):

$$\lambda_1 = \frac{M_{макс1}}{M_{ном}} = 2,1; \lambda_2 = \frac{M_{макс2}}{M_{ном2}} = 2,4; \lambda_3 = \frac{M_{макс3}}{M_{ном3}} = 2,4.$$

Определим параметры обмоток в отдельности. Номинальный момент для обмотки низшей (2P=16) скорости

$$M_{1H} = 9,81 \frac{975 \cdot P_{1H}}{n_{1H}} = 9,81 \frac{975 \cdot 10}{315} = 303,64 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Номинальный момент для обмотки средней (2P=8) скорости

$$M_{2H} = 9,81 \frac{975 \cdot P_{2H}}{n_{2H}} = 9,81 \frac{975 \cdot 36}{670} = 514 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Номинальный момент для обмотки высшей (2P=4) скорости

$$M_{3H} = 9,81 \frac{975 \cdot P_{3H}}{n_{3H}} = 9,81 \frac{975 \cdot 28}{1445} = 185,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Скольжение электродвигателя, соответствующее режиму работы каждой обмотки

$$\begin{aligned} S_{1H} &= \frac{n_{01} - n_{H1}}{n_{01}} = \frac{375 - 315}{375} = 0,16; \\ S_{2H} &= \frac{n_{02} - n_{H2}}{n_{02}} = \frac{750 - 675}{750} = 0,106; \\ S_{3H} &= \frac{n_{03} - n_{H3}}{n_{03}} = \frac{1500 - 1445}{1500} = 0,037. \end{aligned}$$

Соответственно определяем значения критического скольжения для обмоток:

$$\begin{aligned} S_{1кр} &= S_{1H} (\lambda_1 \pm \sqrt{\lambda_1^2 - 1}) = 0,16 \cdot (2,1 \pm \sqrt{2,1^2 - 1}) = 0,16 \cdot (2,1 + 1,85) = 0,63; \\ S_{2кр} &= S_{2H} (\lambda_2 \pm \sqrt{\lambda_2^2 - 1}) = 0,16 \cdot (2,4 \pm \sqrt{2,4^2 - 1}) = 0,106 \cdot (2,4 + 2,18) = 0,48; \\ S_{3кр} &= S_{3H} (\lambda_3 \pm \sqrt{\lambda_3^2 - 1}) = 0,037 \cdot (2,4 \pm \sqrt{2,4^2 - 1}) = 0,037 \cdot (2,4 + 2,18) = 0,169. \end{aligned}$$

Максимальные (критические) моменты, создаваемые обмотками

$$\begin{aligned} M_{1кр} &= \lambda_1 \cdot M_{1H} = 2,1 \cdot 303,64 = 637,6 \text{ Н} \cdot \text{м}; \\ M_{2кр} &= \lambda_2 \cdot M_{2H} = 2,4 \cdot 514 = 1233,6 \text{ Н} \cdot \text{м}; \\ M_{3кр} &= \lambda_3 \cdot M_{3H} = 2,4 \cdot 185,3 = 444,7 \text{ Н} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Строим механические характеристики электродвигателя для каждой обмотки, пользуясь формулой Клосса

$$M_1 = \frac{2 \cdot M_{1кр}}{\frac{S_{11}}{S_{1кр}} + \frac{S_{1кр}}{S_1}} = \frac{2 \cdot 637,6}{\frac{S_1}{0,63} + \frac{0,63}{S_1}}; \quad M_2 = \frac{2 \cdot M_{2кр}}{\frac{S_{22}}{S_{2кр}} + \frac{S_{2кр}}{S_2}} = \frac{2 \cdot 1233,6}{\frac{S_2}{0,48} + \frac{0,48}{S_2}}; \quad M_3 = \frac{2 \cdot M_{3кр}}{\frac{S_{33}}{S_{3кр}} + \frac{S_{3кр}}{S_3}} = \frac{2 \cdot 444,7}{\frac{S_3}{0,169} + \frac{0,169}{S_3}}.$$

Скорость вращения ротора, создаваемая работой отдельных обмоток вычисляется с помощью следующего выражения

$$n = n_0 (1 - S).$$

Результаты расчётов, проведённых с помощью формул (13)–(16) приведены в таблицах 1–3. Из рисунка 2 отчетливо видно, что максимальный момент обмотки высшей (2P=4) скорости, примерно в 3 раза меньше максимального момента обмотки средней (2P=8) скорости. Причиной этому является то, что эта обмотка предназначена для натяжения свободно свисающей части швартовного каната во время швартовки у причала и не участвует в процессе выбирания якорной цепи и подъёма якоря. В процессе выбирания якорной цепи и

подъёма якоря 90% нагрузки всей операции приходится на долю рабочей обмотки (2P=8) и в это время нагрузка электродвигателя меняется в широких пределах.

Таблица 1

S_1	0	0,04	0,16	0,4	0,63	0,7	0,8	1
M_1 (Н·м)	0	80,7	304	577	637,5	636	365	377
n_1 (об/мин)	375	360	315	225	139	112	75	0

Таблица 2

S_2	0	0,1	0,3	0,4	0,48	0,6	0,7	0,8	1
M_2 (Н·м)	0	493	1111,3	1215	1293	1203	1152	1091	963
n_2 (об/мин)	750	675	525	450	390	300	225	150	0

Таблица 3

S_3	0	0,037	0,1	0,169	0,2	0,4	0,6	0,8	1
M_3 (Н·м)	0	185	395	444,7	440	314	232	180	148
n_3 (об/мин)	1500	1445	1350	1246	1200	900	600	300	0

Естественные механические характеристики 1–3 асинхронного двигателя показаны на рис. 2.

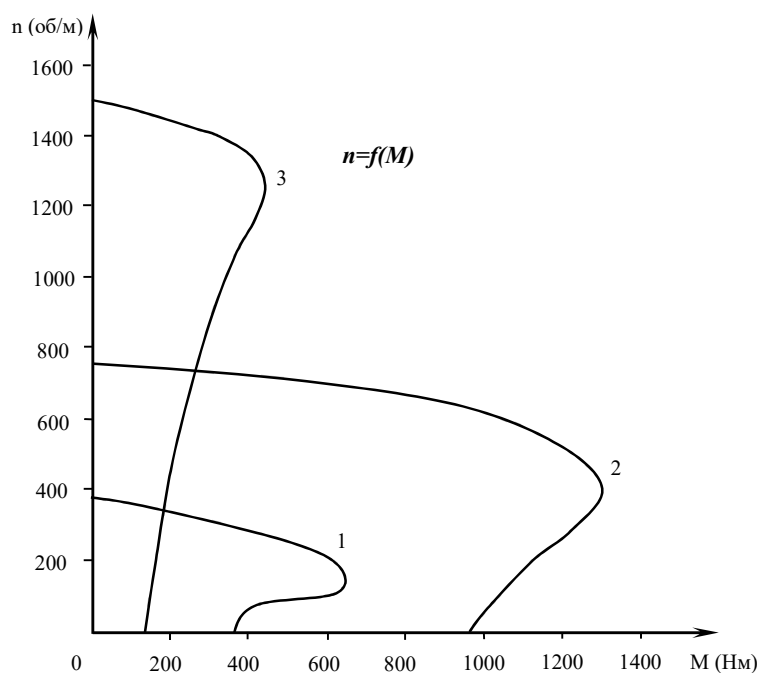


Рисунок 2 – Естественные механические характеристики для каждой отдельной обмотки асинхронного двигателя типа МАП 622-4/8/16.

В момент отрыва якоря от грунта, электродвигатель останавливается на несколько секунд под током (переходит в режим короткого замыкания). Обмотка низшей (2P=16) скорости включается после выхода якоря из воды и работает в течение медленного подхода якоря к клюзу, во избежание повреждения корпуса судна.

Из вышеуказанного отчётливо видно, что обмотки высшей (2P=4) и низшей (2P=16) скоростей являются вспомогательными и работают в течение малого времени. Поэтому при управлении электродвигателем якорного устройства с помощью частотного преобразователя использована обмотка средней (2P=8) скорости и она будет проверена на соответствие

требуемым режимам. Рассмотрим на примере асинхронного двигателя типа МАП 622 регулирование скорости вращения с помощью частотного преобразователя с широтно-импульсной модуляцией, при подключении на напряжение только рабочей обмотки. Как уже было указано, такие частотные преобразователи позволяют регулировать скорость вращения асинхронного двигателя в 20-30 раз ниже и в 1,5-2 раза выше номинальной скорости. Определим с помощью частотного преобразователя для рабочей (2Р=8) обмотки необходимые скорости вращения электродвигателя якорного устройства и возможности соответствия всем требуемым режимам работы.

Как известно, в этом методе регулирования для сохранения постоянной перегрузочной способности электродвигателя (на всех ступенях регулирования), наряду с изменением частоты тока, одновременно необходимо изменять и значение напряжения. Сохранение перегрузочной способности электродвигателя при регулировании обеспечивается когда кратность максимального момента ($M_{\text{макс.}i}$), создаваемого двигателем к максимальному моменту ($M_{\text{макс.н.}}$), при номинальной скорости вращения, равна отношению моментов сопротивления рабочего механизма

$$\frac{M_{\text{ст.}i}}{M_{\text{ст.н.}}} = \frac{M_{\text{макс.}i}}{M_{\text{макс.н.}}}, \quad (1)$$

где $M_{\text{ст.}i}$ и $M_{\text{макс.}i}$ – соответственно значения статического момента механизма и максимального момента двигателя при регулировании;

$M_{\text{ст.н.}}$ и $M_{\text{макс.н.}}$ - соответственно значения статического момента механизма и максимального момента двигателя при номинальной частоте вращения.

Если пренебречь сопротивлением статорной обмотки асинхронного электродвигателя, его максимальный (критический) момент будет

$$M_{\text{макс}} = \frac{m_1 U_1^2}{2C_1 \omega_s X_q} = K \frac{U_1^2}{f_1^2}, \quad (2)$$

где $K = \frac{m_1 p^2}{8C_1 \pi^2 L_k}$ - постоянная величина, L_k – индуктивность при к.з.

Соответственно получаем

$$\frac{M_{\text{макс.}i}}{M_{\text{макс.н.}}} = \frac{U_{1i}^2}{f_{1i}^2} \cdot \frac{U_1^2}{f_1^2}. \quad (3)$$

Подставив из формулы (1) значение $\frac{M_{\text{макс.}i}}{M_{\text{макс.н.}}}$ в выражение (3), получим

$$\frac{M_{\text{ст.}i}}{M_{\text{ст.н.}}} = \frac{U_{1i}^2}{f_{1i}^2} \cdot \frac{U_n^2}{f_n^2} = \left(\frac{U_{1i}}{U_n} \right)^2 \cdot \left(\frac{f_n}{f_i} \right)^2.$$

Отсюда

$$\frac{U_{1i}}{U_n} = \frac{f_i}{f_n} \sqrt{\frac{M_{\text{ст.}i}}{M_{\text{ст.н.}}}}. \quad (4)$$

Как известно из курса электропривода, статический момент сопротивления многих механизмов, зависит от угловой скорости (ω) электродвигателя, приводящего в движение этот механизм

$$M_{\text{ст}} = M_0 + (M_n - M_0)^\alpha, \quad (5)$$

где M_0 - часть статического момента сопротивления, не зависящая от угловой скорости;

α - показатель степени зависимости статического момента сопротивления от угловой скорости. Для большинства механизмов $\alpha = 0 \div 2$.

Если пренебречь M_0 , то выражение (5) можно записать в виде

$$M_{ст} = C\omega^\alpha(C_1 - f_i)^\alpha, \quad (6)$$

где C и C_1 – постоянные величины.

Следует отметить, что статический момент сопротивления остается постоянным при изменении угловой скорости. $\alpha = 0$ для условия ($M_{ст} = \text{const}$). То есть напряжение, подаваемое на зажимы электродвигателя, изменяется пропорционально частоте. Тогда из выражения (3)

$$\frac{U_{1i}}{U_H} = \frac{f_i}{f_H}. \quad (7)$$

Отсюда

$$U_{1i} = U_H \varphi_i, \quad (8)$$

где $\varphi_1 = \frac{f_i}{f_H}$ – относительное значение изменения частоты тока двигателя.

Известно, что изменение частоты тока подаваемого на двигатель, способствует изменению, создаваемой статорной обмоткой, угловой скорости (ω_c) и индуктивного сопротивления X_q . В связи с этим изменяется значение критического скольжения.

Вращающийся магнитный поток статора

$$\omega_{сн} = \frac{2\pi f_H}{p}; \quad \omega_{сf} = \omega_{сн} \varphi. \quad (9)$$

Реактивное сопротивление короткого замыкания

$$X_k = X_{кн} \cdot \varphi. \quad (10)$$

Выражение для критического скольжения при изменении частоты будет

$$S_{кр f} = \pm \frac{C_1 r_2'}{\sqrt{r_1^2 + X_k^2 \cdot \varphi^2}}. \quad (11)$$

Учитывая, принятое из вывода закона изменения напряжения при изменении частоты [5], значение сопротивления статорной обмотки $r_1 = 0$, запишем

$$S_{кр f} = \pm \frac{C_1 r_2'}{\varphi \cdot X_k} = \frac{S_{кр}}{\varphi}. \quad (12)$$

Подставив выражения (11) и (12) в формулу Клосса, получим новое выражение для условия изменения напряжения и частоты тока

$$M_f = \frac{2 \cdot M_{кр}}{\frac{S \cdot \varphi + S_{кр}}{S_{кр}} + \frac{S_{кр}}{S \cdot \varphi}}. \quad (13)$$

Пользуясь вышеуказанной формулой, построим механические характеристики для асинхронного двигателя типа МАП, при различных значениях частоты рабочей обмотки. Регулирование будет осуществляться для обоих направлений.

I. Регулирование скорости вращения электродвигателя вниз от номинальной, путём пропорционального изменения частоты и напряжения.

Определяем показатели механические характеристики асинхронного двигателя, пользуясь выражением (13).

1. $f_n = 50\text{Гц}; U_n = 380\text{В}$

$$M_2 = \frac{2 \cdot M_{2\text{кр}}}{\frac{s_2}{s_{2\text{кр}}} + \frac{s_{2\text{кр}}}{s_2}} = \frac{2 \cdot 1233,6}{\frac{s_2}{0,48} + \frac{0,48}{s_2}} \quad (14)$$

Расчет, произведенный по указанной формуле показан в таблице 2. Так как при регулировании скорости вращения частота и напряжение изменяется пропорционально, расчет производится по формуле (13). В данной формуле определяем значение φ для произвольного значения частоты и сохраняя постоянство значения φ при различных значениях скольжения (от 0 до 1), находим момент, создаваемый электродвигателем. Результаты расчета, проведенного для значений $\varphi = 1; 0,8; 0,6; 0,4;$ и $0,2$ показан в таблице 4.

2. $f_n = 40\text{Гц}; \varphi = 0,8; U = U_n \cdot 0,8 = 304\text{В}$

3.

$$M_2 = \frac{2 \cdot M_{2\text{кр}}}{\frac{s_2 \cdot \varphi}{s_{\text{кр}}} + \frac{s_{\text{кр}}}{s_2 \cdot \varphi}} = \frac{2 \cdot 1233,6}{\frac{s_2 \cdot 0,8}{0,48} + \frac{0,48}{s_2 \cdot 0,8}} \quad (15)$$

Результаты расчета, проведенного для остальных значений ($\varphi = 0,6; \varphi = 0,4; \varphi = 0,2$) показан в таблице 4.

Таблица 4

$U = 0,8 \cdot U_n$ $f = 0,8 \cdot f_n$ $\varphi = \frac{f}{f_n} = 0,8$	S	0	0,1	0,3	0,48	0,6	0,7	0,8	1
	M_2 (Нм)	0	205,7	1131	1203	1233	1223	1186	1091
	n (об/мин)	600	540	420	312	240	180	120	0
$U = 0,6 \cdot U_n$ $f = 0,6 \cdot f_n$ $\varphi = \frac{f}{f_n} = 0,6$	S	0	0,1	0,3	0,48	0,6	0,7	0,8	1
	M_2 (Нм)	0	303,6	811	1091,6	1186	1221	1233	1203
	n (об/мин)	450	405	315	234	180	135	90	0
$U = 0,4 \cdot U_n$ $f = 0,4 \cdot f_n$ $\varphi = \frac{f}{f_n} = 0,4$	S	0	0,1	0,3	0,48	0,6	0,7	0,8	1
	M_2 (Нм)	0	204	580	850,7	860	1077	1142	1215
	n (об/мин)	300	270	210	156	120	90	60	0
$U = 0,2 \cdot U_n$ $f = 0,2 \cdot f_n$ $\varphi = \frac{f}{f_n} = 0,2$	S	0	0,1	0,3	0,48	0,6	0,7	0	1
	M_2 (Нм)	0	103	304	474	580	665	741	872
	n (об/мин)	150	135	105	78	60	45	30	0

II. Регулирование скорости вращения электродвигателя вверх от номинальной, путём увеличения частоты при сохранении номинального значения напряжения (380В).

Как известно, максимальный (критический) момент электродвигателя, прямо пропорционален квадрату напряжения, и обратно пропорционален квадрату частоты $M_{\text{кр}} \equiv \frac{U^2}{f^2}$

В связи с этим при построении механических характеристик, для увеличенных значений частоты приходится заново рассчитывать максимальный (критический) момент

электродвигателя [6]. При этом, так как $M_{ст} = const$, применим формулу расчета момента для значений частоты в направлении снижения.

$$4. \quad \begin{aligned} f_H &= 60 \text{ Гц}; U_H = 380 \text{ В} \\ \varphi_1 &= \frac{60}{50} = 1,2; \\ M_2 &= \frac{2 \cdot M_{кр1}}{\frac{S \cdot \varphi_1 + S_{кр}}{S_{кр} + S \cdot \varphi_1}}; \end{aligned} \quad (16)$$

$$M_{кр1} = \frac{M_{кр.н}}{1,2^2} \frac{123,36}{1,44} = 856,6 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Расчет проводится согласно формуле (13)

$$S=0,1 \quad M_2 = \frac{2 \cdot M_{кр1}}{\frac{S \cdot \varphi_1 + S_{кр}}{S_{кр} + S \cdot \varphi_1}} = \frac{2 \cdot 856,6}{\frac{0,1 \cdot 1,2 + 0,48}{0,48 + 0,1 \cdot 1,2}} = \frac{1713,2}{0,25 + 4} = 403 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

В этом порядке результаты расчета по формуле (16) приведены в таблице 5.

Таблица 5

$U = U_H$	S	0	0,1	0,3	0,48	0,6	0,7	0,8	1
$f = 70 \text{ Гц}$	$M_2 \text{ (Нм)}$	0	403	824	844	793	738	693	591
$\varphi_2 = \frac{f}{f_H} = \frac{60}{50} = 1,2$	$n \text{ (об/мин)}$	900	810	630	468	360	270	180	0

5. $f_H = 70 \text{ Гц}; U = U_H$;

$$\begin{aligned} \varphi_2 &= \frac{70}{50} = 1,4; \\ M_{кр2} &= \frac{M_{крн}}{1,4^2} = \frac{1233,6}{1,96} = 629,4 \text{ Нм}. \end{aligned} \quad (17)$$

Задавая значения скольжения (S) от 0,1 до 1, проводим вычисления по формуле (17)

$$S = 0,1 \quad M_2 = \frac{2 \cdot M_{кр2}}{\frac{S \cdot \varphi_2 + S_{кр}}{S_{кр} + S \cdot \varphi_2}} = \frac{2 \cdot 629,4}{\frac{0,1 \cdot 1,4 + 0,48}{0,48 + 0,1 \cdot 1,4}} = \frac{1259}{0,29 + 3,43} = 338 \text{ Нм}.$$

Результаты расчета проведенного по формуле (17) приведены в таблице 6.

Таблица 6

$U = U_H$	S	0	0,1	0,3	0,48	0,6	0,7	0,8	1
$f = 70 \text{ Гц}$	$M_2 \text{ (Нм)}$	0	338	626	593	542	497	456	386
$\varphi_2 = \frac{f}{f_H} = \frac{70}{50} = 1,4$	$n \text{ (об/мин)}$	1050	945	735	546	420	315	210	0

Исходя из вышеуказанного определения максимального (критического) момента электродвигателя при различных значениях частот 80, 90 и 100 Гц, построенные механические характеристики для этих и других значений частот показаны на рисунке 3.

Из характеристик показанных на рисунке 3 отчетливо видно, что при частотном регулировании скорости вращения, создаваемой обмоткой (2P=8) средней скорости, электродвигатель полностью обеспечивает требуемые режимы работы якорного устройства. Одновременно с этим обеспечивается плавность и широкий диапазон регулирования скорости. В дополнение ко всему указанному, замена контакторной системы управления частотным преобразователем на основе полупроводников, облегчает эксплуатацию электропривода

якорного устройства, а также повышает очень важный для морских условий показатель – надежность.

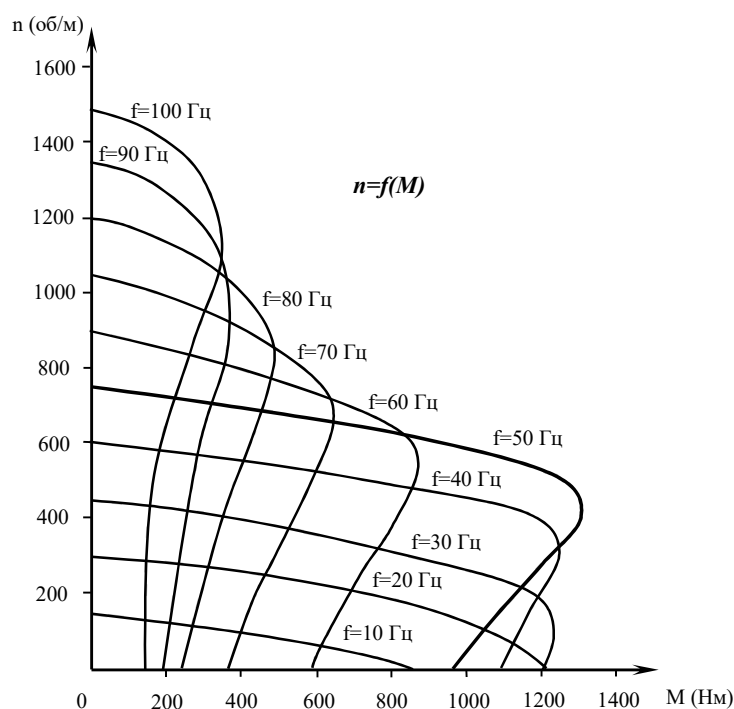


Рисунок 3 – Регулировочные характеристики асинхронного двигателя типа МАП 622-4/8/16 при различных значениях частот

Вывод. Основываясь на проведенные исследования, можно отметить:

1. При регулировании скорости вращения электродвигателя якорного устройства с помощью частотного преобразователя, обеспечивается широкий диапазон и плавность регулирования.
2. В сравнении с применяемой на судах контакторной системой управления, эксплуатационные показатели современных частотных преобразователей на основе бесконтактных полупроводников, а также их надежность намного выше.
3. Сокращение числа трёхфазных статорных обмоток, приводит к снижению массогабаритных показателей и стоимости нового изготовленного электродвигателя примерно в два раза.

ЛИТЕРАТУРА

1. Мехтиев Г.А., Гасанов З.А., Шабанов Т.Г. Судовые автоматизированные электроприводы. Баку «Нурлан», 2005г. 358 стр.
2. Мехтиев Г.А., Султанов Э.Ф. Технические и экономические преимущества буксирной лебедки частотно-преобразовательного управления по отношению к действующей буксирной лебедке с асинхронным двигателем. Научные труды №1 Азербайджанской Государственной Морской Академии. Баку 2013, стр. 89-94.
3. Мехтиев Г.А., Гасанов Э.А. Увеличение предела регулирования скорости автоматизированного якорно-швартового устройства. Научные труды Азербайджанской Государственной Морской Академии. Баку 2003, стр 59-63.
4. Султанов Э.Ф. Гасанов Э.А. Управление электропривода якорного устройства с помощью частотного преобразователя» Проблемы Энергетики. Н.изд. №3, Баку, 2014 год, стр. 65-77. (на азербайджанском языке).

Султанов Е.Ф., Мамедов Е.М.

ОСНОВНІ ПЕРЕВАГИ УПРАВЛІННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДОМ якірного пристрою ЗА ДОПОМОГОЮ ЧАСТОТНОГО ПЕРЕТВОРЮВАЧА

У статті розглянуті питання пов'язані із застосуванням сучасного напівпровідникового перетворювача частоти для регулювання швидкості асинхронного двигуна суднового якірного пристрою і виявлені основні переваги такого електроприводу.

Аналіз результатів дослідження показав, що при регулюванні швидкості обертання електродвигуна якірного пристрою за допомогою частотного перетворювача, забезпечується широкий діапазон і плавність регулювання.

У порівнянні з вживаною на судах контакторної системою управління, експлуатаційні показники сучасних частотних перетворювачів на основі безконтактних напівпровідників, а також їх надійність набагато вище.

Скорочення числа трифазних статорних обмоток, призводить до зниження масогабаритних показників і вартості нового виготовленого електродвигуна приблизно в два рази.

Ключові слова: судно, якірне пристрій, асинхронний двигун, частота обертання, регулювання, перетворювач частоти.

Sultanov E.F., Mamedov E.M.

BASIC ADVANTAGES OF ELECTRIC DRIVE CONTROL OF ANCHOR DEVICE BY MEANS OF A FREQUENCY CONVERTER

The article discusses issues related to the use of a modern semiconductor frequency converter for regulating the speed of an asynchronous engine of the ship anchor device and identifies the main advantages of such an electric drive.

Analysis of the research results showed that when regulating the speed of rotation of the armature motor using a frequency converter, a wide range and smoothness of regulation is ensured.

In comparison with the contactor control system used on ships, the operational performance of modern frequency converters based on contactless semiconductors, as well as their reliability, is much higher.

Reducing the number of three-phase stator windings, leads to a decrease in mass and size parameters and the cost of a new manufactured electric motor approximately two times.

Keywords: ship, anchor device, asynchronous motor, rotational speed, regulation, frequency converter.