

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королёва

**Электрооборудование и электропривод
машиностроительных цехов**

Методические указания

Самара 2001

САМАРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ
имени академика
С.П. КОРОЛЁВА

**ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ
И ЭЛЕКТРОПРИВОД
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ
ЦЕХОВ**

САМАРА
2001

Приложения.

Составители: Н. В. Ляченков, В. Б. Хардин, М. В. Хардин.

УДК 621.31.002.72

Электрооборудование и электропривод машиностроительных цехов: Метод. указания/Сост. Н. В. Ляченков, В. Б. Хардин, М. В. Хардин. Самар. гос. Аэрокосм. Ун-т. Самара 2001.55с.

В указаниях рассмотрены электромеханические характеристики асинхронных электродвигателей переменного тока, используемых в качестве электропривода кузнечно-штамповочных машин, приведены указания к расчёту мощности электропривода. При анализе работы электропривода прокатных станков дана методика расчёта и построения механических и эксплуатационных характеристик, нагрузочных диаграмм двигателей постоянного тока с независимым возбуждением, приведены числовые примеры расчёта.

Указания рекомендованы студентам специальностей 11.06.00, 12.04.00, 13.01.01 дневного и вечернего факультетов, изучающих курсы "Электрооборудование цехов ОМД", "Электропривод оборудования кузнечно-штамповочных цехов", "Оборудование кузнечно-штамповочных и прокатно-прессовых цехов". Указания подготовлены на кафедре "Обработка металлов давлением".

Печатаются по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королёва

Рецензент д.т.н. проф. Конюхов Н.Е.

Содержание

1. Особенности состава и структурных схем оборудования цехов ОМД	4
2. Электропривод кузнечно-штамповочных машин	8
2.1. Общие сведения	8
2.2. Электромеханический момент и электромеханические характеристики асинхронных электродвигателей	9
2.3. Указания к расчёту электропривода кузнечно-штамповочных машин	13
2.4. Выбор электродвигателя с маховиком	15
3. Электропривод прокатных станов	21
3.1. Построение естественной механической характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения	22
3.2. Расчёт и построение эксплуатационных характеристик двигателя	23
3.3. Расчёт мощности двигателя главного привода реверсивного прокатного стана горячей прокатки	25
3.3.1. Расчёт и построение графика скоростей	25
3.3.2. Расчёт и построение нагрузочных диаграмм электродвигателя	29
3.3.3. Проверка двигателя по нагреву	30
3.3.4. Проверка двигателя на перегрузочную способность	31
4. Расчёт главного привода непрерывного стана холодной прокатки листа	32
4.1. Расчёт скоростного режима прокатки	32
4.2. Расчёт нагрузочной диаграммы моментов	35
4.3. Проверка двигателя по нагреву	36
4.4. Проверка двигателя на перегрузочную способность	36
Список использованных источников	37
Приложения	38

Введение

Для привода оборудования цехов обработки металлов давлением (ОМД) применяются в основном два типа двигателей: асинхронные двигатели переменного тока с короткозамкнутым и фазовым ротором для основного оборудования цехов горячей и холодной штамповки и вспомогательного оборудования прокатно-прессовых цехов. Для привода основного оборудования прокатных цехов применяются двигатели постоянного тока различной мощности с регулируемым в широком диапазоне числом оборотов. Рассмотрим основные структурные схемы состава оборудования цехов ОМД, основные электромеханические характеристики двигателей переменного и постоянного тока, методику расчёта мощности двигателей в зависимости от параметров техпроцесса, а также как выбрать электропривод для того или иного типа оборудования или техпроцесса ОМД.

1. Основные особенности состава и структурных схем оборудования цехов ОМД.

В цехах горячей и холодной штамповки применяются ковочные и штамповочные прессы, ротационные, импульсные машины для горячей и холодной штамповки, высадки, чеканки, выдавки, подсежки, малковки и других операций ОМД. Они отличаются большим разнообразием конструктивного исполнения, видом привода, характером действия нагрузки и т.д. (рис. 1)[1]. При этом в качестве основного приводного механизма используются асинхронные электродвигатели переменного тока различной конструкции, мощности и типа исполнения, [2].

Кроме того, в кузнечно-штамповочных цехах широко используются молоты различной конструкции и типа привода (рис. 2), гидравлические прессы вертикального исполнения (рис. 3). Здесь основными видами энергопривода являются гидравлические жидкости и паровоздушные смеси; однако, для создания энергоносителя с нужными параметрами используют асинхронные электродвигатели переменного тока.

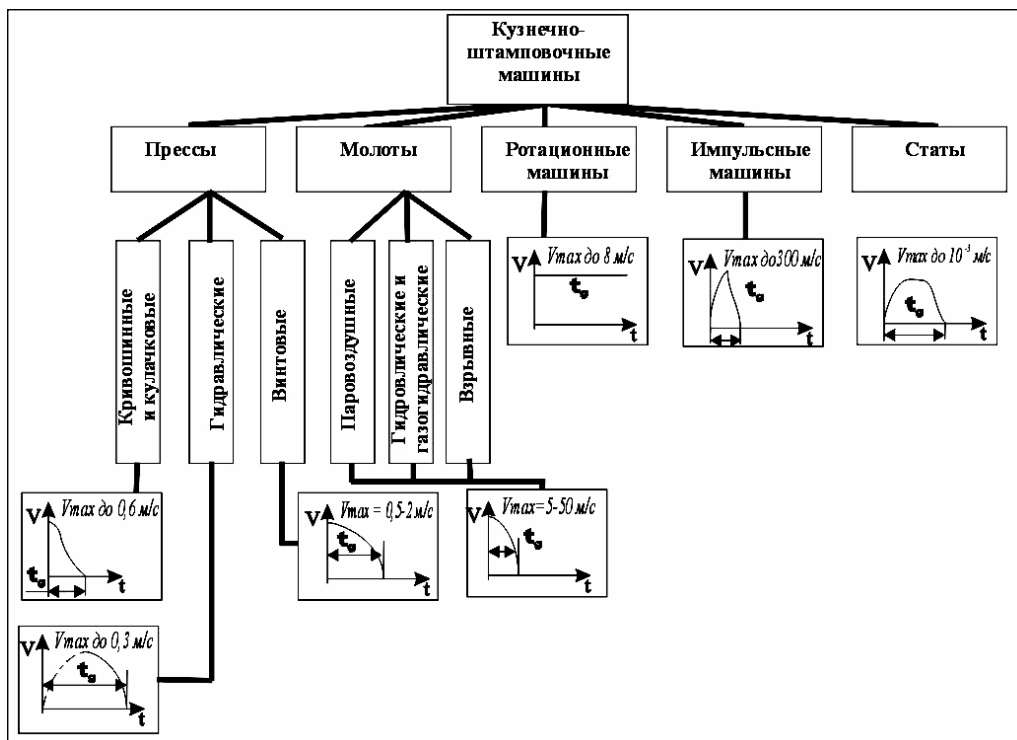


Рис. 1. Классификация кузнечно-штамповочных машин

В прокатно-прессовых цехах основным типом привода являются электродвигатели постоянного тока с регулируемым в весьма широких пределах числом оборотов [3]; для вспомогательных операций широко используют асинхронные электродвигатели переменного тока. На Рис. 4 приведена структурная схема электропривода.

Таким образом, в цехах ОМД используются три типа привода энергоносителей: электропривод, гидропривод и паровоздушные смеси, но практически везде для основного и вспомогательного оборудования используются электродвигатели переменного или постоянного тока. Рассмотрим основные параметры таких двигателей, их электромеханические характеристики, а также методику и примеры расчета их мощности при различных видах прилагаемой нагрузки, характера работы, функционального назначения и других факторов их работы.



Рис. 2. Классификация молотов.

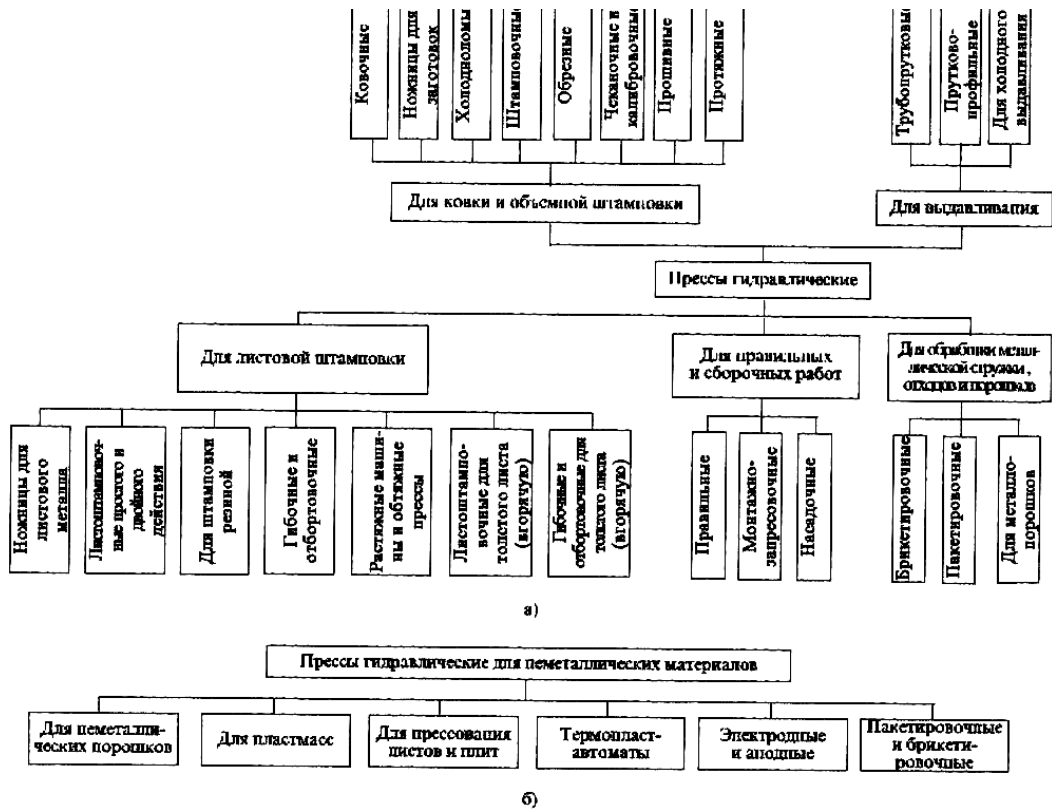


Рис 3. Классификация гидравлических прессов по технологическому назначению: а-для металла; б-для неметаллических материалов.

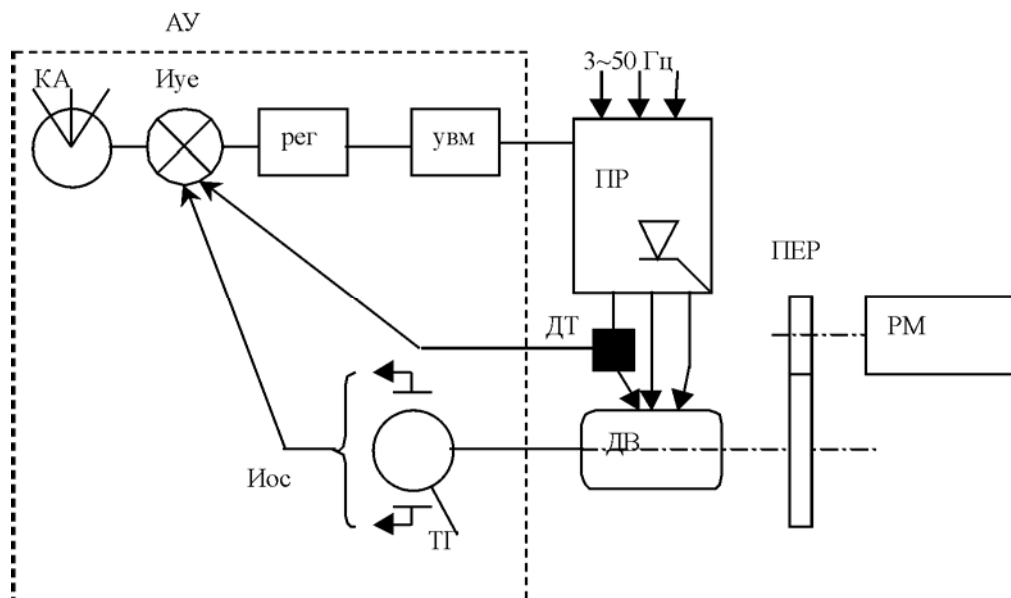


Рис. 4. Структурная схема электропривода: КА - команд-аппарат, задатчик исходного сигнала; Иис - сравнивающее устройство; РЕГ - регулятор мощности сигнала управления; УВМ - управляющая вычислительная машина; ПР - преобразователь питающего напряжения; ДТ - датчик тока обратной связи; Иос - напряжение обратной связи; ТГ - тахогенератор обратной связи; ДВ - электродвигатель привода; ПЕР - передача крутящего момента на рабочую машину; РМ - рабочая машина; АУ - аппарат управления.

2. Электропривод кузнечно-штамповочных машин.

2.1. Общие сведения.

Современные кузнечно-штамповочные машины (КШМ) оснащаются преимущественно индивидуальным электроприводом. Это относится в равной степени как к механическим КШМ, так и к гидравлическим прессам с насосным приводом и молотам с пневматическим компрессорным приводом. Исключение составляют некоторые гидравлические прессы, использующие рабочую жидкость насосно-аккумуляторных станций, и паровоздушные молоты, питающиеся централизованно от заводских станций, причем в ряде случаев индивидуальный электропривод КШМ может быть и многодвигательным.

Электропривод КШМ можно разделить на следующие группы[4].

1. Главный привод механических машин, снабженных маховиками.
2. Главный безмаховиковый привод механических и гидравлических машин.
3. Привод насосов и компрессоров, используемый в насосных станциях и установках группового питания прессов.
4. Привод вспомогательных механизмов механических и гидравлических КШМ.

В большинстве отечественных кузнечно-штамповочных машин для главного привода используют трехфазные асинхронные электродвигатели различных модификаций, причем, как правило, при мощности привода до 75 кВт (а для привода насосов – до 200 кВт) применяют короткозамкнутые электродвигатели различных исполнений. При мощности выше 75 кВт предпочтительнее использовать асинхронные электродвигатели с фазным ротором.

Асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором являются наиболее распространенными в приводе эксплуатируемых и выпускаемых КШМ. Это объясняется простотой их конструкции, надежностью в работе и низкой стоимостью в изготовлении и эксплуатации. Кроме того, широкая номенклатура этих электродвигателей по мощности и частоте вращения, а также разнообразие исполнений позволяют сравнительно легко подбирать их для различных КШМ.

Характерной особенностью работы механических кузнечно-штамповых машин (прессов, автоматов, ГКМ, ножниц и др.) является резко пиковый характер нагрузки. В приводах этих машин необходимо искусственно увеличивать маховый момент привода путем установки специального накопителя энергии – маховика. Это дает возможность выбирать мощность электродвигателя не по максимальной нагрузке, а по условиям нагрева, и возникающие пики перегрузки выравнивать за счет кинетической энергии, запасенной маховиком в период снижения нагрузки и холостого хода. Отдача энергии маховиком происходит в ре-

зультате некоторого снижения скорости системы. Эта энергия, как известно, зависит от момента инерции привода и изменения его скорости. Поэтому одним из важных параметров приводных электродвигателей КШМ является их скольжение, определяющее возможность использования маховых колес. В зависимости от характера нагрузочного графика и параметров привода находят оптимальное значение скольжения, которое дает наиболее выгодное соотношение системы маховик-электродвигатель.

Для обеспечения этих условий в КШМ весьма широко применяют асинхронные короткозамкнутые электродвигатели с повышенным скольжением единых серий АОС, АОС2 и ЧАС, имеющие номинальное скольжение до 12 %. Для приводов мощностью более 75 кВт увеличение скольжения достигается путем применения асинхронных электродвигателей с фазным ротором и постоянно включенной ступенью резисторов. В этом случае резисторы в роторной цепи электродвигателя выполняют одновременно две задачи:

1. Дают возможность в зависимости от характера рабочей операции установить необходимое скольжение, а следовательно, и оптимальный режим работы системы маховик-электродвигатель;
2. Улучшают пусковые условия при первоначальном разгоне маховика, что для ряда цеховых сетей является не менее серьезной проблемой даже при мощностях приводного электродвигателя менее 100 кВт.

Синхронные электродвигатели в КШМ используют очень редко, т.к. для работы в приводах с маховиками они непригодны. В приводах насосов и компрессоров для гидравлических прессов и насосных станций синхронные электродвигатели находят ограниченное применение (при мощностях свыше 200 кВт), в связи с чем в учебном пособии не рассматриваются.

2.2. Электромагнитный момент и механические характеристики асинхронного электродвигателя в естественной схеме включения.

Электромагнитный момент асинхронного электродвигателя определяется выражением

$$M = \frac{3(I_2')^2 r_2'}{\omega_0 S}, \quad (1)$$

где ω_0 – синхронная частота вращения электродвигателя.

Согласно упрощенной схеме замещения электромагнитный момент

$$M = \frac{3V_\phi^2 \frac{r_2'}{S}}{\omega_0 [(r_1 + \frac{r_2'}{S})^2 + (x_1 + x_2')^2]}, \quad (2)$$

На рис. 5, а представлена зависимость между моментом M и скольжением S , построенная при номинальном фазном напряжении (механическая характеристика).

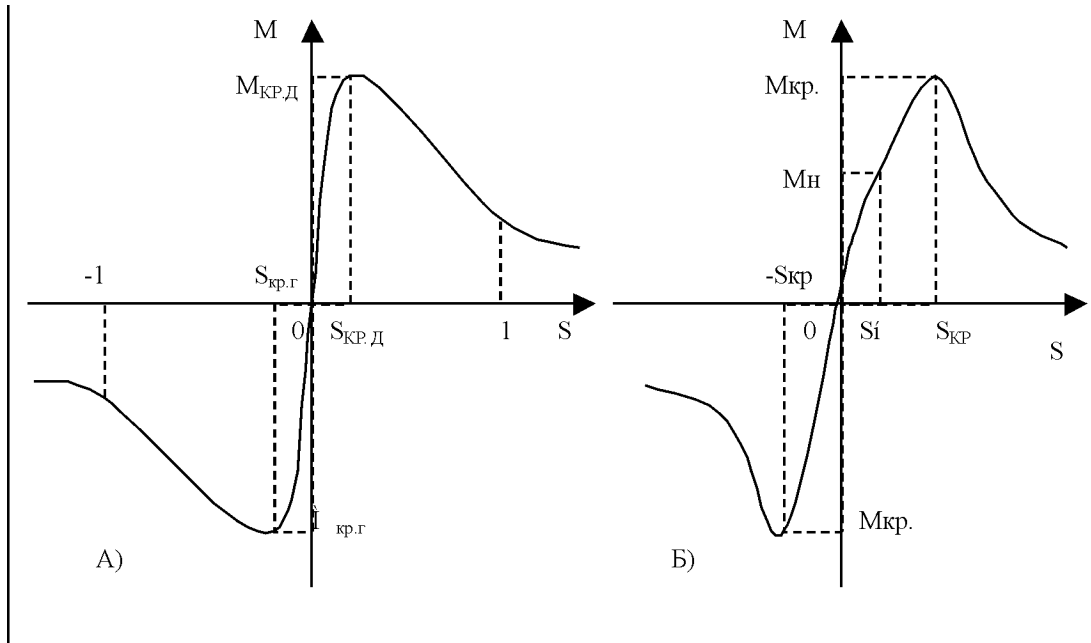


Рис.5.Механические характеристики асинхронного электродвигателя в естественной схеме включения: а – по уточненной формуле; б – по упрощенной формуле.

Согласно механической характеристике, для асинхронного электродвигателя характерны следующие режимы работы:

1. Генераторный режим ($S < 0$). Частота вращения двигателя в генераторном режиме больше синхронной частоты, а направление его вращения совпадает с направлением вращения магнитного поля. Генераторный режим является тормозным, а направление его вращения совпадает с направлением вращения магнитного поля.
2. Двигательный режим ($0 < S < 1$). Частота вращения двигателя в данном режиме меньше синхронной, а направление его вращения совпадает с направлением вращения магнитного поля.
3. Режим противовключения ($S > 1$). При работе электродвигателя в режиме противовключения направление его вращения противоположно направлению вращения магнитного поля. Режим противовключения является тормозным.

Уточненное уравнение механической характеристики (получается из формулы электромагнитного момента) имеет следующий вид:

$$M = \frac{M_{кр.} (2 + aS_{кр.})}{\frac{S}{S_{кр.}} + \frac{S_{кр.}}{S} + aS_{кр.}}, \quad (3)$$

Скр - критическое скольжение электродвигателя;

$$где \ a = 2 \frac{r_1}{r_2} ;$$

$$S_{кр} = \pm \frac{r_2'}{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2} ; \quad (4)$$

Мкр - критический момент электродвигателя;

$$M_{кр} = \pm \frac{3U\phi^2}{2\omega_0(\sqrt{r_1^2 + (x_1 + x_2')^2} \pm r_1)} . \quad (5)$$

В приведенных выражениях знак плюс относится к двигательному режиму, а знак минус - к генераторному. Критические скольжения Скр.д и Скр.г в двигательном и генераторном режиме имеют одинаковую абсолютную величину. Критический момент двигателя в генераторном режиме Мкр.г имеет большую абсолютную величину, чем критический момент Мкр.д в двигательном режиме (рис.5,а). Между абсолютными значениями этих моментов существует зависимость:

$$M_{кр.г} = \frac{2 + aS_{кр}}{2 - aS_{кр}} M_{кр.д} \quad (6)$$

при этом значение Скр берется со знаком плюс. Для мощных асинхронных двигателей величина r_1 значительно меньше $x_1 + x_2'$, поэтому ею можно пренебречь. В результате получается упрощенное уравнение механической характеристики:

$$M = \frac{2M_{кр}}{\frac{S}{S_{кр}} + \frac{S_{кр}}{S}}, \quad (7)$$

где $M_{кр} = \pm \frac{3U\phi^2}{2\omega_0(x_1 + x_2')}$, (8)

$$S_{кр} = \pm \frac{r_2'}{x_1 + x_2'} . \quad (9)$$

Упрощенная механическая характеристика (рис.5,б) может быть построена на основании одних паспортных данных электродвигателя: номинального момента M_n , номинального скольжения S_n и кратности макси-

мального момента λ . При этом критический момент и критическое скольжение находятся по формулам

$$M_{кр} = M_n \lambda; \quad (10)$$

$$S_{кр} = S_n (\lambda + \sqrt{\lambda^2 - 1}). \quad (11)$$

Механическая характеристика называется естественной, если она получена при номинальном напряжении на зажимах статора и при отсутствии в цепях ротора и статора дополнительных сопротивлений (активных или реактивных). В противном случае характеристика является искусственной [5].

На рис.6 приведена схема включения двигателя с переключателем для реверсирования асинхронного двигателя.

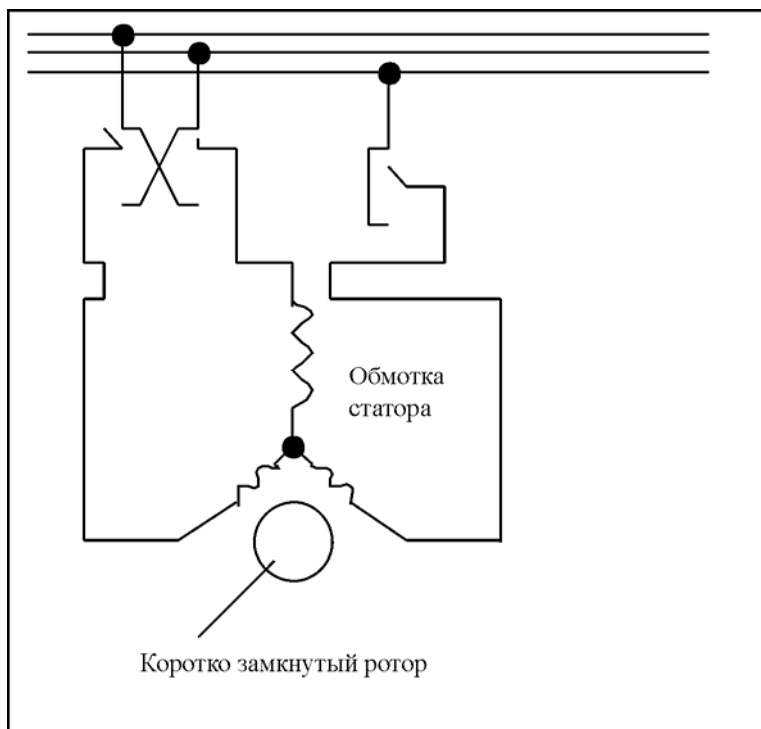


Рис. 6 Схема включения с переключателем для реверсирования асинхронного двигателя.

2.3. Указания к расчету электропривода кузнечно – штамповочных машин.

Уменьшение момента инерции маховика, если это необходимо (например, по конструктивным соображениям), достигается:

- а) увеличением частоты вращения маховика;
- б) применением электродвигателя с большим скольжением;
- в) использованием более мощного электродвигателя.

Дополнительное сопротивление в цепи фазы ротора асинхронного электродвигателя, работающего на искусственной механической характеристике, находят по формуле

$$r_{\partial} = r_2 \left(\frac{S_{\partial}}{S_n} \sqrt{\frac{\omega_n}{\omega_{\partial}}} - 1 \right), \quad (12)$$

где r_2 - сопротивление фазы ротора электродвигателя.

Дополнительное сопротивление в цепи якоря электродвигателя постоянного тока

$$r_{\partial} = (S_{\partial} - S_n) \frac{u_n}{J_{ян}}. \quad (13)$$

В приводах переменного тока с непосредственным пуском электродвигателя необходимо проверять электродвигатель на нагрев по условиям пуска. Проверку на нагрев рекомендуется проводить, исходя из величины критического момента инерции на валу электродвигателя или допустимого времени пуска (по данным заводов – изготовителей).

Примеры расчетов.

Пример 1

Даны следующие величины:

$$A_0 = 18000 \text{ Дж}, A_x = 2000 \text{ Дж},$$

$$n_x = 70 \text{ ход / мин}, \omega_m = 27,2 \text{ рад / с}, p = 1, \varphi_0 = 30^{\circ}, \omega_0 = 104,7 \text{ рад / с}.$$

Привод - клиноременный, электродвигатель - асинхронный короткозамкнутый. Находим

$$t_{\psi} = \frac{60}{n_x p} = \frac{60}{70 \cdot 1} = 0,86 \text{ с}$$

Полагая $k_p = 1,3$, получим расчетную мощность электродвигателя:

$$P_p = \frac{K_p A_0 + A_x}{1000 t_{\psi}} = \frac{1,3 \cdot 18000 + 2000}{1000 \cdot 0,86} = 29,6 \text{ кВт}.$$

Берем электродвигатель длительного режима 4А2006У3, имеющий $P_n = 30$ кВт; $S_n = 0,02$. Полагая $S_n = 0,01$, $k = 1,3$, $E = 0,9$, находим

$$i = 2Ek(S_n + S_n) = 2 \cdot 0,9 \cdot 1,3(0,02 + 0,01) = 0,07 ;$$

$$J = \left(1 - \frac{\varphi_0}{360}\right) \frac{A_0}{\omega_M^2 \cdot i} = \left(1 - \frac{30}{360}\right) \frac{18000}{27,2^2 \cdot 0,07} = 320 \text{ кг} \cdot \text{м}^2.$$

Пример 2.

Даны следующие величины:

$$A_0 = 200000 \text{ Дж}, A_x = 50000 \text{ Дж}, n_x = 10 \text{ ход} / \text{мин}, \omega_M = 47,1 \text{ рад} / \text{с}, p = 1, \\ \varphi_0 = 40^\circ, \varpi_0 = 157 \text{ рад} / \text{с}.$$

Привод - клиноременный, электродвигатель - асинхронный короткозамкнутый повышенного скольжения. Находим

$$t_u = \frac{60}{n_x p} = \frac{60}{10 \cdot 1} = 6 \text{ с}$$

Полагая $K_p = 1,15$, получим расчетную длительно допустимую мощность электродвигателя,

$$P_{p0} = \frac{K_p A_0 + A_x}{1000 t_u} = \frac{1,15 \cdot 200000 + 50000}{1000 \cdot 6} = 47 \text{ кВт}.$$

В графе каталога “Мощность при ПВ=100%” выбираем электродвигатель 4АС250S, имеющий длительно допустимую мощность $P_d = 50$ кВт.

Номинальные данные выбранного электродвигателя:

$$P_n = 56 \text{ кВт}; S_n = 0,08.$$

Длительно допустимое скольжение:

$$S_\partial = \frac{S_n \cdot P_d}{P_n} = 0,08 \frac{50}{56} = 0,072 /$$

Полагая $k = 1,15$, $\varepsilon = 0,8$, $S_n = 0,01$, находим

$$i = 2\varepsilon k(S_\partial + S_n) = 2 \cdot 0,8 \cdot 1,15(0,072 + 0,01) = 0,15 ;$$

$$J = \left(1 - \frac{\varphi_0}{360}\right) \frac{A_0}{\omega_M^2 \cdot i} = \left(1 - \frac{40}{360}\right) \frac{200000}{47,1^2 \cdot 0,15} = 540 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 .$$

Пример 3

Даны следующие величины:

$A_0=480$ Дж; $A_x=330$ Дж; $n_x=60$ ход/мин;
 $\omega_M=15,7$ рад/с; $p=1$; $\varphi_0=24^0$; $\omega_0=104,7$ рад/с.

Привод - клиноременный, электродвигатель - постоянного тока с независимым возбуждением. Находим

$$t_u = \frac{60}{n_x p} = \frac{60}{60 \cdot 1} = 1 \text{ с}$$

Полагая $K_p=1,3$, получим расчетную мощность электродвигателя,

$$P_p = \frac{K_p A_0 + A_x}{1000 t_u} = \frac{1,3 \cdot 480 + 330}{1000 \cdot 1} = 0,95 \text{ кВт.}$$

Берем электродвигатель постоянного тока, имеющий $P_H=1$ кВт;
 $S_H=0,085$. Принимая $S_n=0,01$, $k=1,3$, $\varepsilon=0,9$, находим

$$i = 2\varepsilon k (S_o + S_H) = 2 \cdot 0,9 \cdot 1,3 (0,085 + 0,01) = 0,22 ;$$

$$J = \left(1 - \frac{\varphi_0}{360}\right) \frac{A_0}{\omega_M^2 \cdot i} = \left(1 - \frac{24}{360}\right) \frac{480}{15,7^2 \cdot 0,22} = 8,16 \text{ кг} \cdot \text{м}^2 .$$

Проверяем коэффициент перегрузки электродвигателя по моменту,

$$A = \frac{1 + (S_H + S_n)(k - 1)}{k} = \frac{1 + (0,85 + 0,01)(1,3 - 1)}{1,3} = 0,79 .$$

По графику находим

$$\lambda_m = M_{\max} / M_H = 2,4 < 2,5 ,$$

т.е. перегрузка электродвигателя находится в допустимых пределах.

2.4. Выбор электродвигателя привода с маховиком.

Нагрузочные графики электропривода кузнечно-прессовых машин могут иметь пики самой разнообразной формы. Учет действительной формы пика нагрузки дает возможность наиболее точно подобрать двигатель. Вместе с тем, для упрощения, а также в тех случаях, когда по каким-либо причинам действительная форма графика неизвестна, при выборе электродвигателя исходят из прямоугольного графика. Момент сопротивления на кривошипном валу находится в зависимости от угла поворота, составляющего 2π . Кривошипные прессы, штамповочные и кузнечно-штамповочные машины, некоторое другое оборудование цехов ОМД относятся к той категории машин, когда период кратковременной пиковой на-

грузки чередуется с более продолжительным периодом пауз или нагрузка незначительна. Проанализируем рабочий цикл нагрузки привода таких машин, имеющих в качестве энергоносителя асинхронный электродвигатель переменного тока и маховик для запаса дополнительной кинетической энергии. Считаем, что привод запущен, и рассмотрим рабочий цикл работы кузнечно-штамповочной машины с маховиком [6].

P, Мн

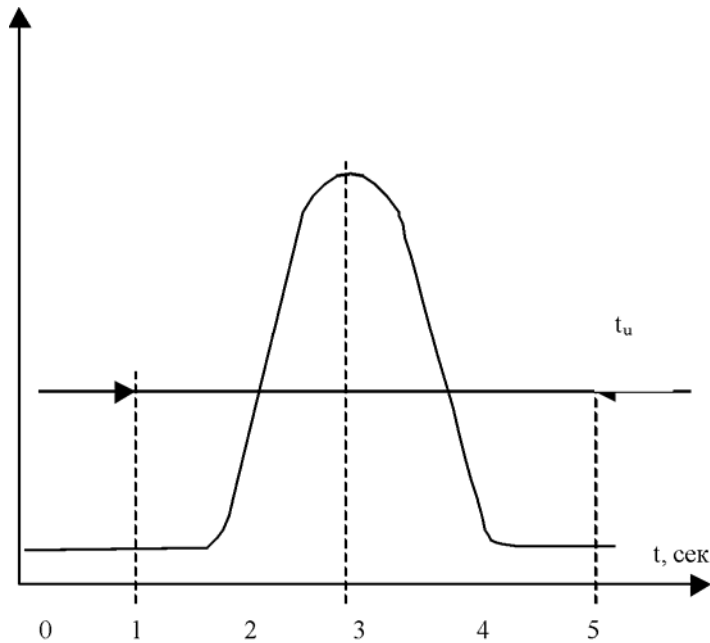


Рис.7. Изменение мощности привода по ходу процесса деформирования: 0-1 - пуск машины; 1-2 - движение ползуна вниз; 2-3 - часть рабочего хода, когда происходит предварительная деформация металла; 3-4 - время окончательной деформации металла; 4-5 - движение ползуна вверх.

При работе таких машин наблюдается существенное колебание величины нагрузки и если не принять специальных мер, то требуется двигатель повышенной мощности для компенсации пика нагрузки. В связи с этим также машины снабжаются дополнительным энергоносителем – маховиком, который является аккумулятором механической энергии и служит для уменьшения пиковой нагрузки.

Полная работа электропривода КШМ в процессе рабочего цикла складывается из двух составляющих:

$$A = A_1 + A_2 = \frac{1}{2} J(\omega_1^2 - \omega_2^2) + \int_0^{\varphi_1} M d\varphi , \quad (14)$$

где A_1 - работа маховика;

A_2 - работа электродвигателя;

ω_1 - угловая скорость до начала рабочего цикла;

ω_2 - угловая скорость в конце рабочего хода;

J - момент инерции вращающихся масс привода;

φ_1 - угол поворота маховика за рабочий цикл.

Скорость вращения привода в конце рабочего хода находится по формуле:

$$n_{cp} = \sqrt{n^2 - \frac{72000(A - A_2)}{GD^2}}, \quad (15)$$

где $n = \frac{60\omega}{2\pi}$ - обороты привода в минуту;

GD^2 - маховой момент привода, тм²;

A - полная работа привода, Н/м.

Рассмотрим методику выбора электродвигателя при работе привода с маховиком.

Обычно исходными данными являются:

1. Работа маховика за удар или цикл A , Нм;
2. Продолжительность цикла $t_{ц} = t_1 + t_0$
 t_1 - время удара (отрезок 2-4, рис.7)
 t_0 - время холостого хода (отрезки 1-2 и 4-5, рис.7).
3. Синхронное число оборотов двигателя n_0 , об/мин.
4. Номинальное число оборотов двигателя $n_{ном}$, об/мин.
5. Зависимость статической мощности $P_{ст} = f(t)$ или статического момента $M_{ст} = f(t)$ от времени или угла поворота маховика.

Расчет и выбор двигателя производится по следующей методике:

1. Определяется средняя мощность двигателя

$$P_{об.ср.} = \frac{M_{cm} \cdot n_{yiv}}{9550} = \frac{A}{10^3 \cdot t_{ц}}, \quad \text{кВт} \quad (16)$$

2. Так как часть мощности расходуется на нагрев обмоток двигателя, то максимальная мощность берется с коэффициентом запаса :

$$P_{дв.мах}=(1,1\div 1,3)P_{дв.ср} , \quad (17)$$

где если $P_{дв.ср}<100$ кВт , то $k_3=1,3$,

если $P_{дв.ср}>100$ кВт , то $k_3=1,1$.

3. Если известна работа удара, то максимальный момент пика

$$M_{max} = \frac{A}{\omega t_1} , \text{ Нм} \quad (18)$$

4. Момент двигателя средний определяется с учетом момента холостого хода

$$M_{ос.ср.} = M_{max} \frac{\frac{M_0}{M_{max}} \frac{t_0}{t_1} + 1}{\frac{t_0}{t_1} + 1} , \text{ Нм} \quad (19)$$

Примеры расчетов

Пример 1

Эксцентриковый пресс за один ход совершает работу со следующими параметрами:

$A=120$ кНм; $n_0=1000$ об/мин; $n_{ном}=800$ об/мин;

Число ходов в минуту $n'=4$, $M_0=100$ Нм.

$$P_{дв.ср}=A \cdot (10^3 \cdot t_{ц})=(120 \cdot 10^3)/(10^3 \cdot 15)=8 \text{ кВт} ;$$

$$t_{ц}=60/n'=15 \text{ сек} ;$$

$$\omega=2\pi n'/60=2 \cdot 3,14 \cdot 4/60=0,4 \text{ 1/сек} ;$$

$$P_{дв.мах}=P_{дв.ср} 1,3=10,4 \text{ кВт};$$

$$t_1=4 \text{ сек};$$

$$M_{max} = \frac{A}{\omega t_1} = \frac{120000}{0,4 \cdot 4} = 75000 \text{ Нм};$$

$$M_{\text{об.ср.}} = M_{\text{max}} \frac{\frac{M_0}{M_{\text{max}}} \frac{t_0}{t_1} + 1}{\frac{t_0}{t_1} + 1} = 75 \cdot 10^3 \frac{\frac{100}{75 \cdot 10^3} \frac{11}{4} + 1}{\frac{11}{4} + 1} = 20 \cdot 10^3 \text{ Нм.}$$

Пример 2

Определить необходимую мощность двигателя для привода машины, режим работы которой задан нагрузочной диаграммой:

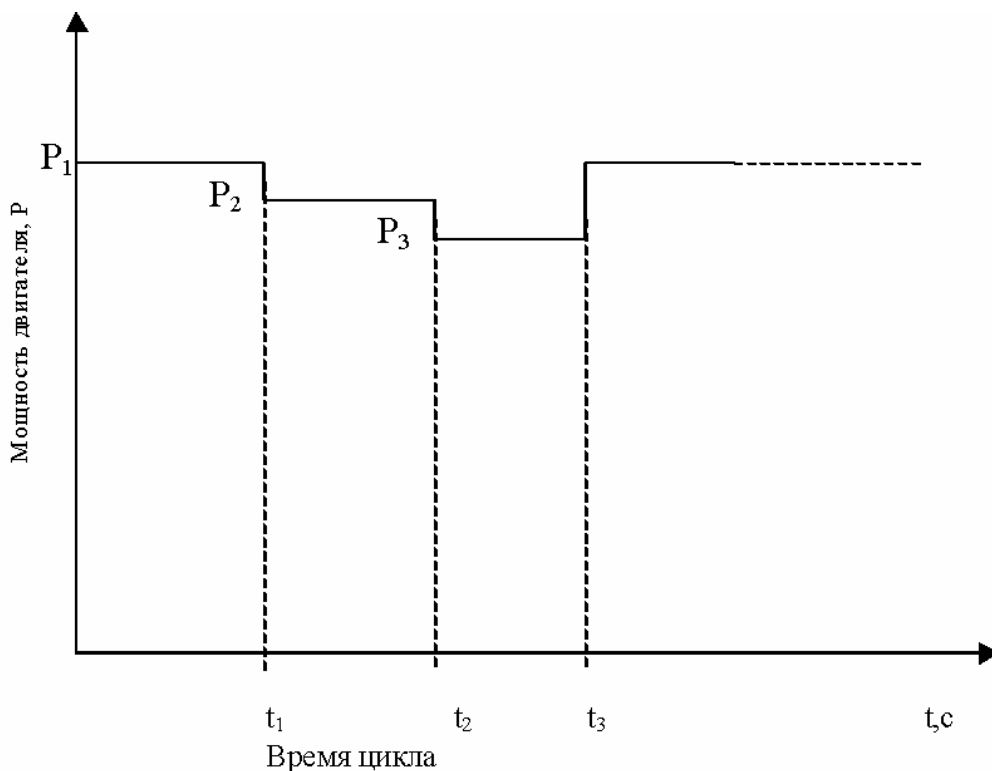


Рис.8.Нагрузочная диаграмма работы электродвигателя привода КШМ,

$$P_1=12 \text{ кВт}; P_2=8 \text{ кВт}; P_3=6 \text{ кВт}; \\ t_1=20 \text{ сек}; t_2=50 \text{ сек}; t_3=65 \text{ сек.}$$

$$P_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^3 P_k^2 \cdot t_r}{t_{\text{ц}}}};$$

$$P_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{12^2 \cdot 20 + 8^2 \cdot 30 + 6^2 \cdot 15}{65}} = 9,06 \text{ кВт.}$$

В качестве привода для данных машин может быть использован короткозамкнутый асинхронный двигатель в защитном исполнении типа А2-61-6 со следующими параметрами:

$U=380/220$ В; $P_{\text{НОМ}}=12,5$ кВт; $n_{\text{НОМ}}=965$ об/мин;
 $\eta_{\text{НОМ}}=0,87$; $\lambda=M_{\text{крит}}/M_{\text{НОМ}}=1,8$; $M_{\text{пуск}}/M_{\text{НОМ}}=1,2$.

3. Электропривод прокатных станов.

Современный прокатный цех представляет собой сложный комплекс механического и электрического оборудования. Следует отметить, что прокатные цеха содержат наибольшее количество электроприводов. Так, например, на непрерывном широкополосном стане 2000 горячей прокатки установлено около 2000 электродвигателей.

Правильный выбор типа и мощностей двигателей механизмов прокатных станов обеспечивает надежную и экономичную работу электропривода, следовательно, и всего цеха. К электроприводу прокатных станов предъявляются высокие требования, связанные с особенностями работы привода этих станов.

К основным особенностям работы электропривода валков прокатных станов относятся: большое число включений (до 1000 включений в час для реверсивных станов), ударный характер нагрузки, превышающий номинальную нагрузку двигателей, а также разгон и торможение двигателя с металлом в валках, обеспечение высокой производительности прокатных станов.

Соответственно этим особенностям к электроприводу предъявляются следующие требования:

- широкие пределы регулирования скорости;
- высокая перегрузочная способность по моменту;
- хорошая эксплуатационная надежность;
- минимальный маховый момент;
- большой пусковой момент;
- жесткие механические характеристики.

На основании требований, предъявляемых к электроприводу, производится выбор типа электродвигателя. Широкие пределы регулирования, большую перегрузочную способность, высокий КПД, минимальный маховый момент и высокую надежность имеют двигатели постоянного тока с независимым возбуждением.

Поэтому для привода валков прокатных станов применяют в основном двигатели постоянного тока с независимым возбуждением типа МП, П, ПБК, ДПП, (двигатели типа ПБК и ДПП сняты с производства).

Например, двигатель постоянного тока типа МП-9000-60 имеет следующие характеристики:

- номинальная мощность, $P_n = 9000$ кВт;
- номинальное напряжение, $U_n = 930$ В;
- номинальная сила тока якоря, $I_n = 10300$ А;
- к.п.д. двигателя, $\eta = 94$ %;
- номинальная скорость вращения, $n_n = 60$ об/мин;
- максимальная скорость вращения, $n_m = 90$ об/мин;
- допустимая перегрузка по моменту:
до номинальной скорости, $\lambda_n = 2.5$;

при максимальной скорости, $\lambda_m = 1.0$;

- маховый момент $RD^2 = 350 \text{ тм}^2$.

В старых двигателях мощность обозначалась в лошадиных силах, например, МП-7500-60, мощность $P_n = 7500 \text{ л.с.} = 5520 \text{ кВт}$. Для повышения предельной мощности машин и уменьшения махового момента выпускаются двух- и трехякорные двигатели. Двигатель 2МП-2000-330-двухякорный, $P_n = 2 \cdot 1000 \text{ кВт}$; $n = 330/800 \text{ об/мин}$.

Привод реверсивных станков должен иметь минимальное время переходных процессов. Это требование обусловило применение безредукторной передачи вращательного движения валков.

Электропривод валков прокатного стана может быть групповой и индивидуальный. Групповой привод валков осуществляется от одного двигателя через шестеренную клетку и универсальные шпиндели. При индивидуальном приводе каждый валок приводится во вращение своим двигателем.

3.1. Построение естественной механической характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения.

Для построения механической характеристики двигателя постоянного тока независимого возбуждения достаточно определить две ее точки, т.к. механическая характеристика этого двигателя теоретически представляет прямую линию.

Одна из этих точек обычно соответствует номинальному моменту ($M = M_n$; $n = n_n$), а другая – скорости идеального холостого хода ($M = 0$; $n = n_0$).

Уравнение механической характеристики двигателя [7]:

$$n_n = \frac{V_n}{C_{ен}} - \frac{R_я}{C_{ен} C_m} M_n, \text{ об/мин, или } n = n_0 - \Delta n. \quad (20)$$

$$\text{Номинальный момент двигателя} \quad M_n = \frac{9550 P_n}{n_n}, \text{ Нм} \quad (21)$$

$$C_{ен} = \frac{v_n - R_я I_n}{n_n}, \text{ В/об/мин} \quad (22)$$

$$C_m = K_m \varphi, \text{ при } \Phi = \text{const}; C_m = 9.55 C_{ен}, \text{ Нм/А}; \quad (23)$$

где K_m - коэффициент, определяемый конструктивными параметрами двигателя.

Сопrotивление якоря $R_я$ можно ориентировочно определить, приняв, что половина всех потерь в двигателе при номинальной нагрузке связана с потерями в меди якоря [7]. Поэтому $I_n^2 R_я \cong 0.5(1 - \eta_n) I_n V_n$, отсюда

$$R_я \cong 0.5(1 - \eta_n) \frac{V_n}{I_n}, \text{ Ом} \quad (24)$$

Коэффициент полезного действия при номинальной нагрузке без учета потерь в обмотке возбуждения

$$\eta_n = \frac{P_n}{V_n I_n \cdot 10^{-3}} \quad (25)$$

при $M=0$, $n_0 = \frac{V_H}{C_{en}}$, об/мин.

По этим данным строится естественная механическая характеристика (рис. 9).

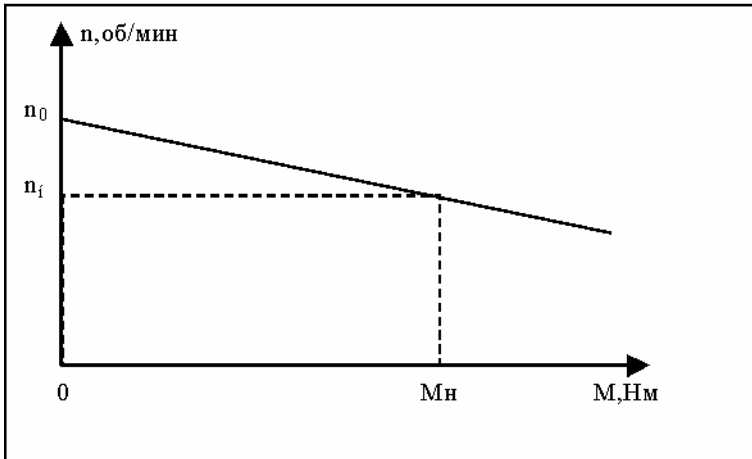


Рис.9.Естественная механическая характеристика двигателя постоянного тока

3.2.Расчет и построение эксплуатационных характеристик двигателя.

Для прокатного двигателя, работающего в тяжелых условиях с большими перегрузками, характерными являются не только номинальные данные, но также данные, которые характеризуют его перегрузочную способность при различных скоростях.

При регулировании скорости двигателя от 0 до номинальной изменением напряжения на якоре при постоянном потоке двигателя номинальный ток I_n и момент M_n остаются постоянными, мощность двигателя растет пропорционально скорости, и при $n = n_n$ мощность $P = P_H$.

При скорости выше номинальной длительно допустимый момент двигателя будет уменьшаться, т.к.

$$\frac{n}{n_n} = \frac{\Phi_H}{\Phi}, \quad (26)$$

а мощность двигателя окажется постоянной,

$$M = K_M \Phi I_H = \frac{K_M \Phi_H n_H I_H}{n} = \frac{M_n n_n}{n}. \quad (27)$$

Рассчитываем момент для трех значений скорости n_{max}, n_1, n_2 ($n_{max} > n_1 > n_2 > n_n$) (рис.10.).

Максимально допустимый ток I_{max} и момент M_{max} при изменении скорости от 0 до номинальной остаются постоянными:

$$M_{\max} = \lambda_H M_H; \quad I_{\max} = \lambda_H I_H$$

(28) где

λ_H - допустимая перегрузка двигателя при $n \leq n_H$.

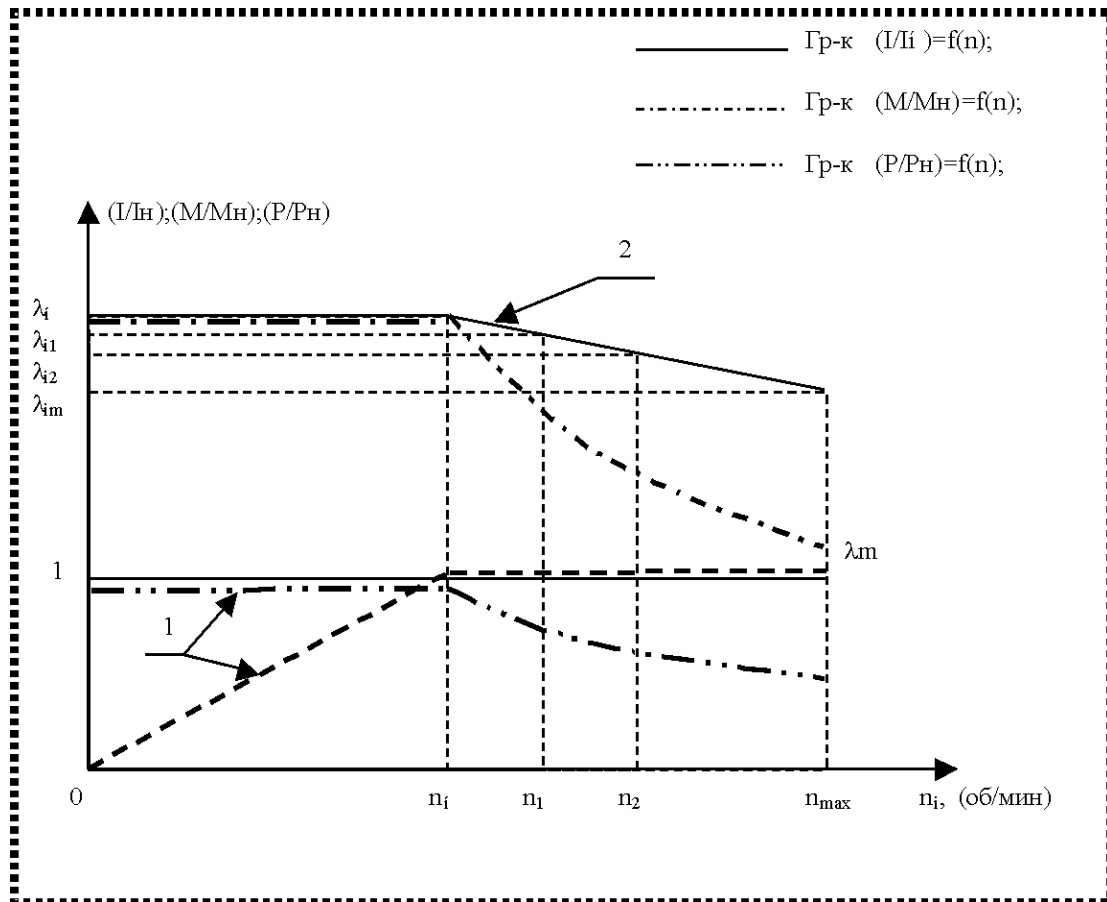


Рис.10. Эксплуатационные характеристики двигателя постоянного тока:
1 – зависимость номинальных величин от скорости;
2 – зависимость максимально допустимых величин от скорости.

С увеличением скорости выше номинальной I_{\max} снижается вследствие ухудшения условий коммутации:

$$n = n_{\max}, \quad M_{\max} = \lambda_{\max} M_H, \quad (29)$$

где λ_{\max} – допустимая перегрузка двигателя при $n=n_{\max}$.

Номинальный момент :

$$M_H = C_{MH} I_H. \quad (30)$$

Максимальный момент :

$$M_{\max} = C_{M\max} I_{\max}. \quad (31)$$

В соответствии с формулой (26) можно записать:

$$\frac{n_{\max}}{n_H} = \frac{K_M \Phi_n}{K_M \Phi} = \frac{C_{MH}}{C_{M\max}} \quad \text{или} \quad C_{MH} n_H = n_{\max} C_{M\max}, \quad \text{откуда}$$

$$C_{M\max} = (C_{MH} n_H) / n_{\max}. \quad (32)$$

Делим максимальный момент на номинальный:

$$\frac{M_{\max}}{M_H} = \frac{C_{M\max} I_{\max}}{C_{MH} I_H} = \frac{C_{MH} n_H}{C_{MH} n_{\max}} \cdot \frac{I_{\max}}{I_H} = \lambda_{\max}, \quad \frac{I_{\max}}{I_H} = \lambda_{\max} \frac{n_{\max}}{n_H}. \quad (33)$$

Допустимая перегрузка двигателя по току при n_{\max}

$$\lambda_{im} = \frac{I_{\max}}{I_H} = \lambda_{\max} \frac{n_{\max}}{n_H}. \quad (34).$$

По формуле (34) определяют допустимую перегрузку по току при $n=n_{\max}$ и строят характеристику $I/I_H = f(n)$ (линейная зависимость). По этой характеристике определяют значение I/I_H для двух значений скоростей n_1 и n_2 (λ_{i1} ; λ_{i2} , см. рис. 8.).

Рассчитывают допустимую перегрузку двигателя по моменту для этих скоростей по формуле:

$$\frac{M_{\max 1}}{M_H} = \frac{n_H}{n_1} \cdot \frac{I_1}{I_H} = \frac{n_H}{n_1} \lambda_{i1}. \quad (35)$$

По расчетным значениям допустимой перегрузки двигателя строят максимальную эксплуатационную характеристику двигателя $M/M_H = f(n)$ (см. рис.10.).

3.3. Расчет мощности двигателя главного привода реверсивного прокатного стана горячей прокатки.

Расчет двигателей главного привода прокатных станов является всегда проверочным, т.е. двигатель должен быть предварительно выбран, затем по его параметрам выполняют расчет. Обычно новый двигатель предварительно выбирают на основе графика статических моментов. В общем случае:

$$M_{ст} = M_{пр} + M_{хх} + M_{тр}, \text{ Нм}, \quad (36)$$

где $M_{пр}$ - момент прокатки, Нм;

$M_{хх}$ - момент холостого хода, Нм;

$M_{тр}$ – момент трения, Нм.

Проверочный расчет мощности двигателя проводится на основании графика скоростей и нагрузочной диаграммы моментов.

3.3.1. Расчет и построение графика скоростей.

1. Прокатка по трапецеидальному графику скорости (рис.11.).

Для построения этого графика должны быть заданы величины ускорения ($a = dn/dt$) и замедления ($b = dn/dt$) привода, скорость захвата n_3 и выброса n_6 металла, постоянная скорость прокатки n_y^x время паузы между пропусками t_n .

Когда постоянная скорость прокатки не известна, ее можно определить по формуле (47). Если при этом n_{\max} будет больше максимальной скорости двигателя, то следует взять установившуюся скорость прокатки меньше максимальной скорости двигателя; если же n_{\max} будет меньше максимальной скорости двигателя, то переходят к треугольному графику скоростей [8].

По данным технологического процесса рассчитывают график скоростей для каждого прохода:

а) Время разгона до скорости захвата

$$t_{1y} = \frac{n_3}{a}, \text{ с.} \quad (37)$$

б) Время разгона привода с металлом в валках

$$t_{2y} = \frac{n_4 - n_3}{a}, \text{ с.} \quad (38)$$

в) Время торможения привода на холостом ходу

$$t_{1t} = \frac{n_b}{b}, \text{ с.} \quad (39)$$

г) Время торможения привода с металлом в валках

$$t_{2T} = \frac{n_4 - n_6}{b}, \text{ с.} \quad (40)$$

д) Время работы на скорости захвата $t_3 = t_n - t_{1y} - t'_{1t}$.

е) Длина полосы, прокатанная за время ускорения привода

$$l_1 = \frac{\pi D_{ki}}{60} \cdot \frac{n_4 + n_y}{2} t_{2y}, \text{ м,} \quad (41)$$

где D_{ki} - катающий диаметр валков для i -ого прохода.

Длина полосы, прокатанная за время торможения,

$$l_2 = \frac{\pi D_{ki}}{60} \cdot \frac{n_6 + n_y}{2} t_{2T}, \text{ м.} \quad (42)$$

ж) Время работы привода на установившейся скорости

$$t_u = \frac{(l_i - l_1 - l_2) \cdot 60}{\pi D_{ki} n_y}, \text{ с,} \quad (43)$$

где l_i - длина полосы после каждого прохода, определяется по формуле:

$$l_i = \frac{m}{\gamma \cdot h_i \cdot b_i}, \text{ м,} \quad (44)$$

где m - масса слитка, т;

γ - плотность материала, в первом проходе можно принять плотность 7.3 для спокойной и 6.9 для кипящей стали с повышением ее к пятому проходу до 7.8 т/м³ [9];

h_i, b_i - толщина и ширина полосы, м.

з) Время прокатки полосы за один проход

$$t_y = t_{1y} + t_3 + t_{2y} + t_u + t_{2t} + t_{1t}, \text{ с.} \quad (45)$$

Характерным для этого графика является отсутствие периода прокатки с постоянным числом оборотов. Для обеспечения наибольшей производительности стана скорость вращения валков при выбросе полосы в предыдущем проходе принимают равной скорости вращения при захвате полосы в последующем проходе [8]. Скорость вращения при захвате и выбросе рассчитывают по формуле [8]: $n_3 = n_6 = K \cdot \frac{t_n}{2}$,

где t_n - время паузы между проходами; K - среднее ускорение;

$$K = \frac{2av}{a+v}.$$

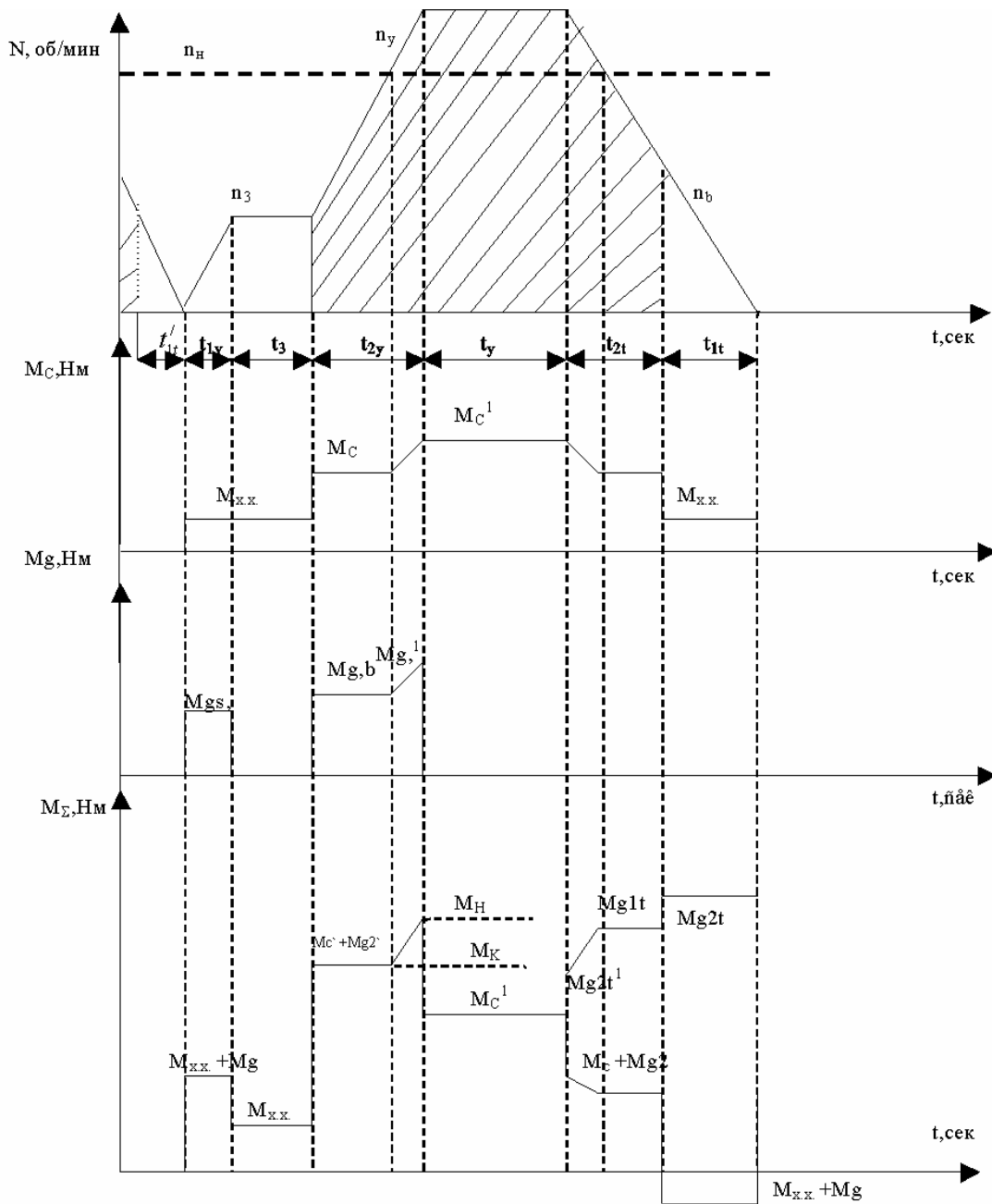


Рис. 11. Трапецидальный график скорости и нагрузочная диаграмма реверсивного привода стана.

Скорость захвата ограничивается допустимым углом захвата полосы, поэтому принимают скорость захвата меньше скорости выброса. Максимальную скорость прокатки определяют по видоизмененной формуле Тягунова :

$$n_{\max} = \sqrt{60K \left(\frac{l_i}{\pi D_{KI}} + \frac{n_3^2}{120a} + \frac{n_6^2}{120e} \right)} \text{ , об/мин .} \quad (47)$$

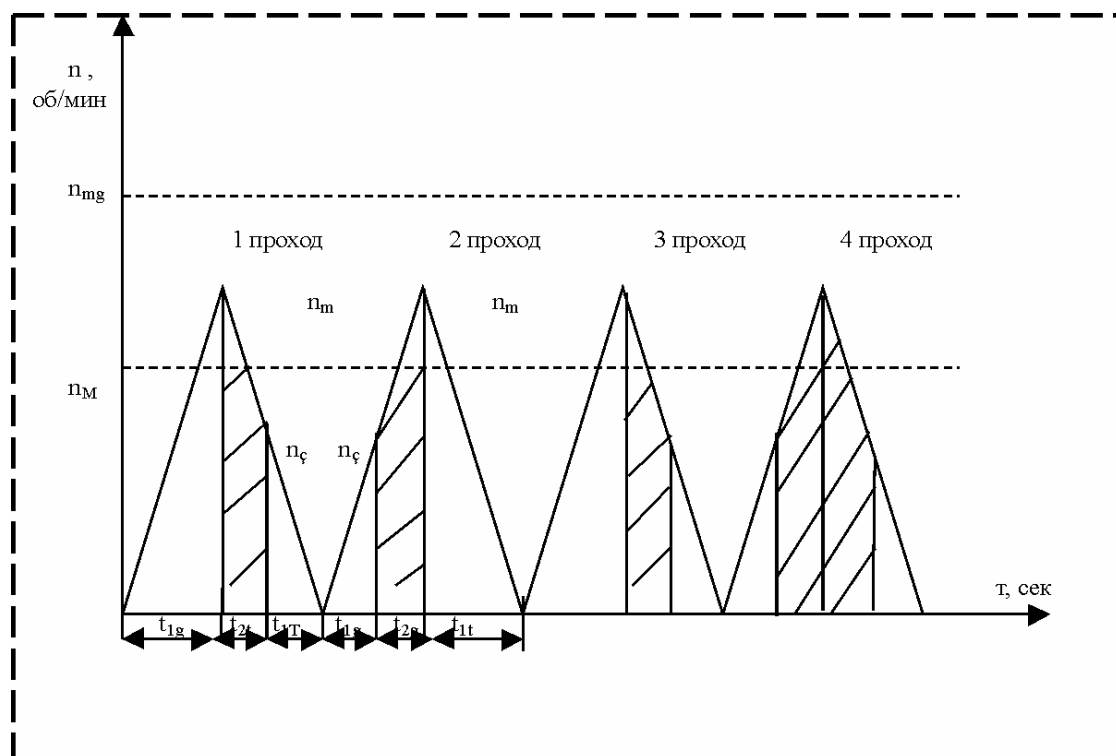


Рис.12. Треугольный график скорости реверсивного привода прокатного стана

В последних проходах максимальная скорость прокатки может быть больше максимальной скорости двигателя n_{max} , поэтому график скорости будет иметь трапецеидальную форму.

В первом проходе и в проходе после первой кантовки угол захвата не ограничивает скорость валков при захвате, т.к. слиток имеет конусность и задается в валки более тонким концом. Поэтому скорость валков при захвате можно принять равной максимальной скорости, $n_3 = n_{max}$,

В этом случае максимальную скорость определяют по формуле [8],

$$n_{max} = \sqrt{120b \frac{l_i}{\pi D_{ki}} + n_e^2}, \text{ об/мин} . \quad (48)$$

При прокатке на блюминге имеются проходы, после которых следует кантовка полосы (на рис.10. после 2-го прохода). В этом случае скорость выброса полосы принимают максимально возможной, чтобы отбросить полосу к кантовальным крючкам и сократить паузу. Поэтому выброс полосы на втором проходе производится на максимальной скорости, $n_в = n_{max}$. Максимальную скорость прокатки в этом случае определяют по формуле (48). В третьем проходе после первой кантовки слиток имеет конусность, а скорость захвата принята равной максимальной скорости.

3.3.2. Расчет и построение нагрузочных диаграмм электродвигателя.

Момент, развиваемый электродвигателем прокатного стана, состоит из четырех основных величин:

$$M = M_{\text{пр}} + M_{\text{тр}} + M_{\text{хх}} + M_g, \text{ Нм}, \quad (49)$$

где $M_{\text{пр}}$ - момент прокатки; Нм ;

$M_{\text{тр}}$ - момент добавочных сил трения, возникающих в подшипниках валков, в передаточном механизме и в других частях стана при прокатке, Нм;

$M_{\text{хх}}$ - момент, необходимый для привода стана на холостом ходу, Нм;

M_g - динамический момент, необходимый для преодоления момента инерции при изменении скорости вращения двигателя, Нм.

Для построения нагрузочной диаграммы рассчитывают момент двигателя в соответствии с графиком скоростей.

Разгон привода вхолостую

$$M = M_{\text{хх}} + M_{g1} \quad (50)$$

На основании практических данных обычно принимают момент холостого хода 3~6 % от номинального момента двигателя.

$$\text{Динамический момент : } M_{g1} = \frac{GD^2}{375} a, \text{ Нм}, \quad (51)$$

где GD^2 - суммарный массовый момент двигателя и стана, Н m^2 ;
а-ускорение, об/мин/с;

При групповом приводе валков: $GD^2 = GD_{\text{дв}}^2 + GD_{\text{ст}}^2$

При индивидуальном приводе: $GD^2 = 2GD_{\text{дв}}^2 + GD_{\text{ст}}^2$,

где $GD_{\text{дв}}^2$ – маховый момент двигателя,
 $GD_{\text{ст}}^2$ - маховый момент стана.

Разгон привода с металлом в валках

$$M = M_c + M_{g2}, \text{ Нм}, \quad (52)$$

где M_c – приведенный статический момент:

$$M_c = (M_{\text{пр}} + M_{\text{тр}}) / (\eta_1 \cdot \eta_2) + M_{\text{хх}}, \text{ Нм}, \quad (53)$$

где η_1 – КПД шестеренной клетки, $\eta_1 = 0,92-0,96$;

η_2 -КПД шпинделей и муфт, $\eta_2 = 0,99$.

Динамический момент

$$M_{g2} = (GD^2 + GD_{\text{сл}}^2) \cdot a / 375, \text{ Нм}, \quad (54)$$

где $GD_{\text{сл}}^2$ – маховый момент поступательно движущегося слитка,

$$GD_{\text{сл}}^2 = 3600m(V_{\text{ц}}/n_{\text{ц}})^2, \text{ Нм}, \quad (55)$$

где m – масса слитка, кг;

$$V_{\text{ц}} - \text{ скорость прокатки}, V_{\text{ц}} = \pi D_{\text{ки}} n_{\text{у}} / 60, \text{ м/с}. \quad (56)$$

При прокатке на скорости выше номинальной скорости двигателя определяют скорректированный момент:

$$M'_c = M_c(n/n_n), \text{ Нм}; \quad M'_g = M_g(n/n_n), \text{ Нм}, \quad (57)$$

где M'_c, M'_g – скорректированный статический и динамический момент;

n – действительная скорость вращения двигателя, об/мин;

n_n – номинальная скорость вращения двигателя, об/мин.

Момент двигателя при прокатке на установившейся скорости

$$M = M_c, \text{ Нм}, \quad (58)$$

если $n_{\text{у}} > n_n$, то $M = M'_c$.

Торможение привода с металлом в валках

$$M = M_c + M_{\text{д2г}}, \text{ Нм},$$

$$\text{где } M_{\text{д2г}} = -(GD^2 + GD_{\text{сл}}^2) \cdot b / 375, \text{ Нм} \quad (59)$$

– динамический момент привода при торможении;

b – замедление, об/мин/с.

Если $n > n_n$, то $M'_c + M'_{\text{д2г}} = M$.

Торможение привода на холостом ходу

$$M = M_{\text{хх}} + M_{\text{д1г}}, \text{ Нм}, \quad (60)$$

где $M_{\text{д1г}} = -GD^2 b / 375, \text{ Нм}$ – динамический момент привода на холостом ходу.

На основании рассчитанных моментов двигателя строят нагрузочные диаграммы моментов. График скорости и нагрузочные диаграммы моментов строят в одном масштабе времени (см. рис. 11)

3.3.3 Проверка двигателя по нагреву.

Определяют эквивалентный (среднеквадратичный) момент на основании нагрузочной диаграммы моментов.

$$M_{\text{экр}} = \sqrt{\frac{\sum_1^n M_i^2 t_i}{t_{\text{ц}}}}, \text{ Нм}, \quad (61)$$

где $t_{\text{ц}}$ – время цикла прокатки, с.

При изменении момента по линейному закону (см. рис. 11)

$$M_i^2 t_i = \frac{M_H^2 + M_H M_K + M_K^2}{3} t_i. \quad (62)$$

Если $M_{\text{экв}} \leq M_n$, то двигатель по нагреву выбран правильно. Если же $M_{\text{экв}} > M_n$, то двигатель выбран неправильно. В этом случае следует выбрать двигатель большей мощности или уменьшить величину обжатия и установившуюся скорость прокатки по проходам.

3.3.4. Проверка двигателя на перегрузочную способность.

По нагрузочной диаграмме $M_{\Sigma} = f(t)$ (рис. 11) выбирают максимальный момент двигателя.

$$\lambda = M_{\text{max}} / M_n < \lambda_n, \quad (63)$$

где λ_n - перегрузочная способность двигателя, взятая из паспортных данных или из справочника.

Если перегрузка двигателя по моменту окажется больше λ_n , то следует уменьшить скорость или обжатие в этом проходе.

4. Расчет главного привода непрерывного стана холодной прокатки листа.

Расчет главного привода начинают с предварительного выбора двигателя на основании статических моментов по формуле (36).

Проверочный расчет двигателя выполняют для приводов, работающих с ускорением в процессе прокатки одной полосы. Проверочный расчет двигателя на нагрев и перегрузочную способность проводится на основании скоростного режима прокатки и нагрузочной диаграммы моментов [10; 11].

4.1. Расчет скоростного режима прокатки

Расчет выполняется с учетом того, что прокатываемая полоса состоит из трех рулонов с двумя сварными швами.

Прокатка переднего конца полосы и сварных швов от 1 клетки до моталки и заднего конца полосы ведется на заправочной скорости (рис.13). Неперекрываемое время цикла $t_{ц}$, т.е. время от начала прокатки одного рулона до начала прокатки следующего рулона определяют из выражения [12],

$$t_{ц} = t_1 + t_2 + 3(t_3 + t_5 + t_6 + t_7) + t_4 + t_8, \text{ с}, \quad (64)$$

где t_1 – время установки рулона на разматыватель;

t_2 – время захвата переднего конца полосы отгибателем и подача его в первую клетку;

t_3 – время прохождения переднего конца полосы и сварных швов от первой клетки до моталки на заправочной скорости;

t_4 – время закрепления переднего конца рулона в моталке;

t_5 – время разгона привода до рабочей скорости;

t_6 – время прокатки на рабочей скорости;

t_7 – время торможения привода с рабочей скорости до заправочной;

t_8 – время прокатки заднего конца полосы на заправочной скорости;

t_9 – время снятия рулона с барабана моталки. Эта операция совпадает во времени с установкой рулона на разматыватель и захватом переднего конца полосы;

$(t_1 + t_2) > t_9$, поэтому время t_9 не входит в неперекрываемое время цикла.

Время прохождения переднего конца полосы и сварных швов на заправочной скорости от первой клетки до моталки определяют по формуле [12]:

$$t_3 = L_{12}/V_{31} + L_{23}/V_{32} + L_{34}/V_{33} + L_{4м}/V_{34}, \text{ с}, \quad (65)$$

где: L_{12}, L_{23}, L_{34} – расстояние между клетями, м;

$L_{4м}$ – расстояние между последней клетью и моталкой, м;

$V_{31}, V_{32}, V_{33}, V_{34}$ – заправочные скорости клетей, м/с.

Заправочные скорости каждой клетки определяют исходя из условия постоянства секундных объемов металла во всех клетях [2], при известной заправочной скорости последней клетки V_{34} :

$$V_{31}h_1 = V_{32}h_2 = V_{33}h_3 = V_{34}h_4, \quad (66)$$

где h_1, h_2, h_3, h_4 – толщина полосы на выходе соответствующей клетки, м.

Время закрепления конца рулона в моталке,

$$t_4 = \pi D_6 k / V_{34}, \text{ с}, \quad (67)$$

где D_6 - диаметр барабана моталки, м;

k - количество витков, необходимое для закрепления конца полосы на барабане моталки.

После закрепления конца рулона на барабане моталки привод всех клеток разгоняется до рабочей скорости с ускорением a . Перед прохождением сварных швов привод замедляется до заправочной скорости, а после прохождения шва снова разгоняется до рабочей скорости. Ускорение привода последней клетки a_4 , м/с²; замедление - b_4 , м/с²; рабочая скорость V_{p4} , м/с.

Ускорение, замедление и рабочую скорость привода остальных клеток определяют на основании равенства секундных объемов металла во всех клетях:

$$V_{p1}h_1 = V_{p2}h_2 = V_{p3}h_3 = V_{p4}h_4; \quad (68)$$

$$a_1h_1 = a_2h_2 = a_3h_3 = a_4h_4; \quad (69)$$

$$b_1h_1 = b_2h_2 = b_3h_3 = b_4h_4. \quad (70)$$

Время разгона привода до рабочей скорости,

$$t_5 = (V_{pi} - V_{zi}) / a_i, \text{ с}, \quad (71)$$

где V_{pi} , V_{zi} , a_i - рабочая и заправочная скорости, ускорение привода соответствующей клетки (i - номер клетки).

Время торможения привода с рабочей скорости,

$$t_7 = (V_{pi} - V_{zi}) / b_i, \text{ с}. \quad (72)$$

Время прокатки на постоянной рабочей скорости,

$$t_6 = l_{6i} / 3V_{pi}, \text{ с}, \quad (73)$$

где l_{6i} - длина полосы после i -й клетки, прокатанная на рабочей скорости V_{pi} .

Величину l_{6i} определяют по формуле,

$$l_{6i} = l_i - [3(l_{3i} + l_{5i} + l_{7i}) + l_{8i}], \text{ м}. \quad (74)$$

Общая длина полосы на выходе i -той клетки,

$$l_i = 3m / \gamma h_i b_i, \quad (75)$$

где m - масса одного рулона, т;

γ - плотность металла, т/м³;

h_i, b_i - толщина и ширина полосы, м.

Длина полосы, прокатанная на заправочной скорости (для примера $i=2$),

$$l_{32} = L_{23} + L_{34}h_3/h_2 + (L_{4m} + k\pi D_6)h_4/h_2, \text{ м}. \quad (76)$$

Длина полосы, прокатанная при разгоне привода,

$$l_{5i} = (V_{zi} + V_{pi})t_5/2, \text{ м}. \quad (77)$$

Длина полосы, прокатанная при замедлении привода,

$$l_{7i} = (V_{pi} + V_{zi})t_7/2, \text{ м}. \quad (78)$$

Длина заднего конца полосы, прокатанного в i -й клетки на заправочной скорости (для примера $i=2$),

$$l_{82} = L_{p1} * h_0/h_2 + L_{12} * h_1/h_2, \text{ м}, \quad (79)$$

где L_{p1} - расстояние между размотывателем и первой клетью, м.

Время прокатки заднего конца полосы ,

$$t_8 = l_8 / V_{3i}, \text{ с.} \quad (80)$$

Время паузы $t_n = t_1 + t_2$, с.

Рассчитав по формулам (37-52) параметры скоростного режима прокатки, строят график $V_i = f(t)$.

На графике рис.13 показаны линейные скорости валков V_n и V_{max} , соответствующие номинальной и максимальной скорости вращения двигателя:

$$V_n = \pi D_p n_n / 60i, \text{ м/с}; \quad V_{max} = \pi D_p n_{max} / 60i, \text{ м/с}, \quad (81)$$

Где n_n, n_{max} – номинальная и максимальная скорость вращения двигателя, об/мин;

i - передаточное число редуктора.

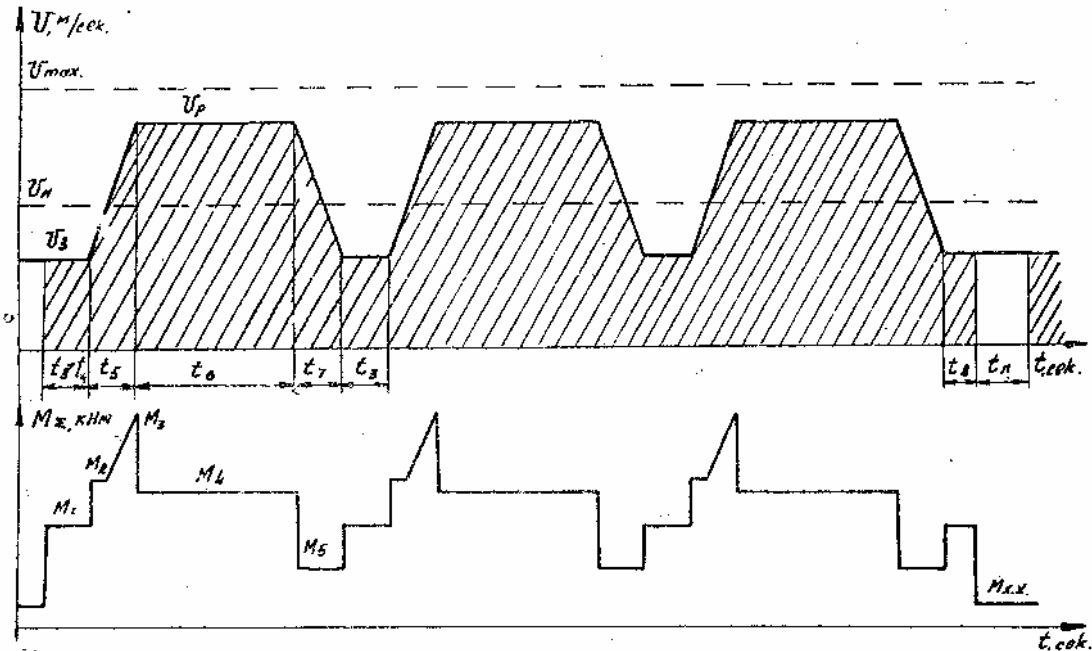


Рис.13. График скоростей и моментов главного привода непрерывного стана холодной прокатки.

4.2. Расчет нагрузочной диаграммы моментов

На непрерывных станах холодной прокатки процесс прокатки ведут с натяжением. На полосу со стороны входа металла в валки действует заднее натяжение и со стороны выхода металла из валков действует переднее натяжение. Поэтому момент прокатки на этих станах определяют по формуле,

$$M_{пр} = M_0 - T_n D_p / 2 + T_3 (D_p / 2) (h_{i+1} / h_i), \text{ Нм}, \quad (82)$$

где M_0 - момент свободной прокатки и сил трения, Нм;

T_3 - заднее напряжение, Н;

T_n - переднее напряжение, Н;

h_1 - толщина полосы на входе клетки, м;

h_{i+1} - толщина полосы на выходе клетки, м.

Вращающий момент двигателя главного привода стана холодной прокатки в общем случае складывается из трех составляющих,

$$M = M_{\text{пр}} + M_{\text{хх}} + M_{\text{д}}, \quad (83)$$

где $M_{\text{пр}}$ - момент прокатки и добавочных сил трения;

$M_{\text{хх}}$ - момент, необходимый для привода стана на холостом ходу;

$M_{\text{д}}$ - динамический момент.

Момент прокатки и момент холостого хода составляют статический момент. Момент прокатки приводят к валу двигателя:

$$M_{\text{ст}} = \frac{M_{\text{пр}}}{i\eta} + M_{\text{хх}}, \quad (84)$$

где i - передаточное число редуктора;

η – КПД редуктора, шестеренной клетки и шпинделей,

$$\eta = \eta_p \eta_k \eta_{\text{ш}}, \quad (85)$$

КПД редуктора $\eta_p = 0,95-0,98$ для каждой ступени;

КПД шестеренной клетки $\eta_k = 0,92-0,95$;

КПД шпинделей и муфт $\eta_{\text{ш}} = 0,99$.

При прокате на заправочной скорости момент двигателя равен статическому моменту: $M_1 = M_{\text{ст}}$.

При ускорении привода добавляется динамический момент:

$$M_2 = M_{\text{ст}} + M_{\text{д}},$$

где $M_{\text{д}} = \frac{GD^2}{375} a$, Нм ; (86)

GD^2 - маховый момент привода и стана, Нм² ;

a - ускорение, об/мин /с.

При прокатке на скорости выше номинальной скорости двигателя определяют скорректированный момент:

$$M'_{\text{ст}} = M_{\text{ст}} (V_p / V_n); \quad M'_{\text{д}} = M_{\text{д}} (V_p / V_n) \quad (87)$$

Вращающий момент $M_3 = M'_{\text{ст}} + M'_{\text{д}}$.

При прокатке на рабочей скорости,

$$M_4 = M'_{\text{ст}}.$$

При замедлении привода вращающий момент определяют по формулам:

$$\text{при } V_p > V_n \quad M_5 = M'_{\text{ст}} + M'_{\text{дз}};$$

$$\text{при } V_p < V_n \quad M_5 = M_{\text{ст}} + M_{\text{дз}};$$

где $M_{\text{дз}}$ – динамический момент привода при замедлении,

$$M_{\text{дз}} = -GD^2 b / 375, \quad (88)$$

b - замедление, об/мин/с.

На основании полученных расчетных моментов строят нагрузочные диаграммы моментов, $M_{\text{ст}} = f(t)$, $M_{\text{д}} = f(t)$, $M_{\Sigma} = f(t)$ (см. рис.11).

4.3. Проверка двигателя по нагреву

Эквивалентный (среднеквадратичный) момент определяют по нагрузочной диаграмме моментов $M_{\Sigma}=f(t)$:

$$M_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{3M_1^2 t_3 + 3M_2^2 t_5' + 3M_3^2 t_5'' + 3M_4^2 t_6 + 3M_5^2 t_7 + M_{i1}^2 t_n + M_1^2 t_8}{t_{\text{ц}}}}, \text{ Нм}, \quad (89)$$

где t_5^1 - время разгона привода до номинальной скорости,

$$t_5^1 = \frac{V_{ni} + V_{zi}}{a_i}, \text{ с}; \quad (90)$$

t_5^{11} - время разгона привода от номинальной скорости до рабочей,

$$t_5'' = t_5 - t_5', \text{ с}.$$

Для участков диаграммы, где момент изменяется по линейному закону,

$$M^2 t_5^{11} = \frac{M_2^2 + M_2 M_3 + M_3^2}{3} t_5^{11}.$$

Определяют номинальный момент двигателя M_H по паспортным данным (формула 21).

Если $M_{\text{экв}} \leq M_H$, то двигатель по нагреву выбран правильно. Если $M_{\text{экв}} > M_H$ то двигатель по нагреву не проходит и следует или выбрать двигатель большей мощности или изменить величину обжатий по клетям.

4.4. Проверка двигателя на перегрузочную способность.

Из нагрузочной диаграммы выбирают максимальный момент двигателя M_{max} ,

$$\frac{M_{\text{max}}}{M_H} \leq \lambda_n$$

где λ_n – перегрузочная способность двигателя при скорости от 0 до N_n , взятая из паспортных данных. Если перегрузка двигателя окажется больше λ_n , то следует уменьшить рабочую скорость или ускорение привода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Кузнечно – штамповочное оборудование: Учебник для машиностроительных Вузов/ А.Н.Бекетов, Ю.А.Бочаров, Н.С.Добринский и др; Под ред. А.Н.Бектова, Е.И.Ланского. – 2–е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение.1986 – 576 с.
2. Касаткин А.С. Основы электроники: Учебное пособие. – М.: Высш.шк., 1986. – 287 с.
3. Дружинин Н.И. Электрооборудование прокатных цехов. – М.: Машиностроение, 1984. 461 с.
4. Электрооборудование кузнечно – прессовых машин. Справочник / В.Е.Соколов и др.- М.: Машиностроение, 1981.- 304 с.
5. Дмитриев Ю.С., Хардин В.Б. Электрооборудование и электротехнологические процессы в ОМД. Учебное пособие. Самара , 1994.- 98 с.
6. Щеглов В.Ф., Максимов М.Ю. Кузнечно – прессовые машины. – М.: Машиностроение, 1979.- 304 с.
7. Чиликин М.Г. Общий курс электропривода. М.: Энергия,1971,- 432 с. .
8. Палухин П.И. и др. Прокатное производство. М.: Metallургия, 1968 , 2–е изд.- 676 с.
9. Бурьянов В.Ф. и др. Расчёт мощности двигателей прокатных станов. М.: Metallургиздат, 1962.
10. Федосов Н.М. и др. Материалы по проектированию прокатных цехов: Учебное пособие. – М.: Изд. МИСиС, 1968, вып. 9.
11. Федосов Н.М. и др. Материалы по проектированию прокатных цехов. Учебное пособие. – М.: Изд. МИСиС, 1970, вып. 11.
12. Хилич Г.Л. и др. Оптимальная производительность станов холодной прокатки. М.: Metallургия, 1970, -240 с.
13. Афанасьев В.Д. Автоматизированный электропривод в прокатном производстве. М.: Metallургия, 1977,- 280 с.

Технические данные двигателей постоянного тока, применяемых в приводе прокатных станов

Тип двигателя	P_H , кВт	U_H , В	Скорость, об/мин		К.п.д., %	M _{max} /M _H При		GD ² т.м ²
			n_H	n_{max}		0 ÷ n_H	n_{max}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
МП600-300	600	400	300	600	90,5	2,5	1,0	1,35
МП1000-210	1000	250	210	800	92	2,0	0,9	6
МП640-700УЧ	640	600	700	1000	93,6	2,5	1,0	0,16
МП1000-330	1000	440	330	800	92,9	2,0	0,9	1,9
МП1100-150	1100	600	150	200	92	2,5	1,0	6,5
МП1250-200	1250	750	200	360	92,5	2,5	1,0	4,6
МП1250-320	1250	750	320	640	93,1	2,5	1,0	4,75
МП1600-400УЧ	1600	750	400	850	92,7	2,5	1,0	7
МП2000-40	2000	825	45	90	88,7	2,5	1,0	110
МП2000-80	2000	825	80	160	94,1	2,5	1,0	42
МП2000-125	2000	825	140	300	91,5	2,5	1,0	35
МП2000-200	2000	825	220	440	91,5	2,5	1,1	26
2МП2000-210	2x1000	440	210	800	92	2,5	0,9	10,5
2МП2000-330	2x1000	440	330	800	92,9	2,0	0,85	4,6
МП2000-350	2000	450	350	720	92,7	2,5	1,0	12
МП2400-120УЧ	2400	750	120	240	94	2,5	1,1	30
МП2400-260	2400	750	260	500	94,2	2,5	1,0	17
МП2500-75	2500	825	75	150	92	2,5	1,0	120
3МП3000-210	3x1000	440	210	300	92	2,0	0,9	17,5
3МП3000-330	3x1000	440	330	800	92,9	2,0	0,85	6,7
МП3200-55	3200	900	60	120	92	2,5	1,0	110
2МП3200-160УЧ	2x1600	900	160	190	91,8	2,5	1,0	38
МП3100-75	3100	825	75	150	92,5	2,5	1,25	165
2МП3200-285УЧ	2x1600	900	300	500	92,8	2,5	1,1	2,5
МП1600-160УЧ	1600	900	160	420	93,1	2,5	1,2	18
2МП4800-120УЧ	2x2400	750	120	240	94	2,5	1,25	70
2МП4800-260УЧ	2x2400	750	260	500	94,2	2,2	1,0	40
МП5000-65	5000	825	65	120	94,3	2,5	1,0	195
МП5000-110	5000	750	110	220	92,9	2,5	1,25	160
МП7500-60	7500	900	60	120	92	2,5	1,0	275
МП-6200-80	6200	750	80	160	94,4	2,5	1,1	260
МП-6300-63УЧ	6300	900	63	100	94	2,5	1,1	200
МП7000-115УЧ	6300	900	125	300	94	2,5	1,1	170
МП6800-60	6800	930	60	90	93,5	2,5	1,1	215

1	2	3	4	5	6	7	8	9
МП8000-80	8000	900	80	160	95	2,2	0,8	300
МП8000-110	8000	900	110	200	95	2,5	1,0	280
2МП8500-250	2x4250	825	250	475	93,5	2,25	1,0	110
МП9000-60	9000	930	60'	90	94	2,5	1,0	350
МП11500-63УЧ	11500	930	63	90	95	2,5	1,1	500
2МП11000-70	2x5500	900	70	120	93,7	2,5	1,0	296
2МП12600-115УЧ	2x6300	930	125	300	94,5	2,25	1,0	380
2МП12600-190УЧ	2x6300	200	200	400	94,5	2,0	1,0	240
2МП16000-65	2x8000	900	65	100	93,5	2,5	1,0	650
МП7000-50	7000	750	50	120	91	2,5	0,9	385
2МП6500-200	2x2400	750	300	400	84	2,5	1,0	50
2МП6500-330	2x3250	750	330	600	94,2	2,2	0,9	40
2МП10000-280УЧ	2x5000	930	300	500	94	2,5	1,1	110
2МП12600-50УЧ	2x6300	930	50	100	93	2,5	1,0	850
П21-100-15к	3300	630	110	200	93	2,5	1,0	100
П21-70-15к	3300	630	160	230	93,2	2,5	1,0	90
П21-55-15к	3300	630	230	380	93,4	2,5	1,0	85
П20-45-7к	2800	1000	350	515	93,1	2,5	1,0	17,1
2П20-50-7к	2x1650	630	200	450	92,7	2,5	1,0	45
2П18-75-9к	2x1000	500	220	550	92,9	2,5	1,0	11
2П25-85-3,6	2x3600	900	58	150	93,1	2,5	1,0	630
2П25-105-3,15	2x3150	750	37,5	95	91,5	2,5	0,9	850
2П25-62-3,6	2x3600	900	85	190	93,2	2,5	1,0	400
2П25-43-3,6	2x3600	900	118	270	93,3	2,5	1,0	360
2П25-71-3,6	2x3600	900	150	330	93,4	2,5	1,0	270
2П22-80-3,6	2x3600	825	200	400	94,5	2,5	1,0	150
ПБК250/145	4560	825	70	120	91,8	2,25	1,0	175
ПБК380/125	7350	825	60	90	92	2,5	1,0	450
ПБК250/145	4000	700	60	120	92	2,5	1,0	142
2ПБК250/145	2x3300	630	50	80	92	2,5	1,0	180
ДПП310/150-18	4600	750	50	100	80,5	2,5	1,0	275
ДПП310/125-18	4400	825	70	140	91,5	2,5	1,0	220
МП11000-65	6800	830	60	90	92,3	2,5	1,0	300
ПП9100-67	9100	980	67	90	94,8	2,5	0,9	380
МПС8000-63	8000	930	63	120	94,8	2,5	0,8	240
П23/135-5,4	5400	900	67	115	93,0	2,5	1,0	192
П2-25/130-7	7000	750	53	90	94,3	2,5	1,4	310
П2-800-218-8СУЧ	2800	860	40	80	90,3	2,25	0,9	89,5
П24-160-6,8	6800	850	60	90	94,2	2,5	1,2	280

Компенсированные электродвигатели серии 11, 13, 14, 15 и 17-го габаритов

Тип двигателя	P_H , кВт	U_H , В	I_H А	Скорость, об/мин		I_{max} / I_H при		К.п.д., %	GD^2 кгм ²
				n_H	n_{max}	$0 \div n_H$	n_{max}		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
П142-6к	160	220	815	400	1500	2,5	1,6	89,4	154
П142-8к	200	220	1000	500	1200	2,5	1,6	89,8	164
П143-8к	200	220	1000	400	1200	2,5	1,6	89,1	188
П143-8к	250	220	1240	500	1000	2,5	1,6	90,6	188
П151-8к	200	220	1020	300	1000	2,5	2,0	87,6	383
П152-8к	250	220	1270	400	1000	2,5	2,0	89,5	383
П151-8к	320	220	1580	500	1000	2,5	2,0	90,7	383
П152-8к	250	220	1270	300	1000	2,5	2,0	88,5	422
П152-8к	320	220	1587	400	1000	2,5	2,0	90,5	422
П153-8к	320	220	1592	300	1000	2,5	2,0	89,7	514
П131-4к	100	440	250	500	1500	2,5	1,6	89,0	61
П131-4к	125	440	328	750	1500	2,5	1,6	90,3	61
П132-4к	100	440	251	400	1500	2,5	1,6	89,0	71
П132-4к	125	440	310	500	1500	2,5	1,6	90,5	71
П132-4к	240	440	600	1000	1500	2,5	1,6	92,5	71
П133-4к	100	440	254	300	1500	2,5	1,6	87,7	82
П133-4к	125	440	313	400	1500	2,5	1,6	87,7	82
П133-4к	160	440	393	500	1500	2,5	1,6	91,0	82
П133-6к	300	440	730	1100	1500	2,5	1,6	93,3	84
П142-4к	160	440	393	400	1500	2,5	1,6	89,4	147
П142-4к	200	440	495	500	1200	2,5	1,6	90,5	147
П143-4к	160	440	402	300	1500	2,5	1,6	89,0	171
П143-4к	200	440	497	400	1200	2,5	1,6	90,4	171
П143-6к	250	440	612	500	1000	2,5	1,6	90,7	178
П152-5к	320	440	788	500	1000	2,5	2,0	91,2	372
П152-5к	320	440	790	400	1000	2,5	2,0	91,0	416
П153-5к	320	440	794	300	1000	2,5	2,0	90,5	498
П153-5к	400	440	995	400	1000	2,5	2,0	91,2	498
П171-5к	400	440	995	330	1000	2,5	2,0	90,4	1139
П171-8к	600	440	1470	400	1000	2,5	2,0	92,7	1453
П152-8к	400	330	1318	500	1000	2,5	2,0	91,2	422
П153-8к	400	330	1322	400	1000	2,5	2,0	90,9	514
П153-8к	500	330	1632	500	1000	2,5	2,0	92,0	514
П171-8к	400	330	1340	300	1000	2,5	2,0	90,0	1159
П171-8к	500	330	1650	400	1000	2,5	2,0	90,7	1159

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
П153-5к	500	660	812	500	1000	2,5	2,0	92,4	498
П171-5к	500	660	820	400	1000	2,5,	2,0	90,8	1139
П171-5к	630	660	1025	500	1000	2,5	2,0	92,4	1139
П173-8к	850	660	1360	750	900	1,5	1,5	94,0	1452
П143-4К	200	475	460	500	1000	2,5	1,5	90,7	171
П143-4к	200	600	360	500	1000	2,0	1,5	91,8	171
П153-5к	400	600	716	420	1040	2,2.	1,8	92,5	498
П153-5к	500	750	712	530	1060	2,2	1,8	90,5	498
П171-5к	600	750	864	500	1100	2,2	1,8	90,6	1139
П173-12к	1100	550,	2150	600	2	2,0	2,0	94,0	1578
П125-8к	200	220	990	750	1500	2,5	1,5	91,2	64
П127-8к	250	330	812	750	1000	2,5	1,5	91,2	73
П127-8к	300	440	725	1050	1150	2,5	1,5	91,2	73
П129-8к	300	330	975	750	1000	2,5	1,5	92,85	79
ПС146-4к	250	440	625	360	700	2,5	1,5	89,5	220
ПС147-9к	630	660	1005	750	1000	2,5	1,5	94,3	258
ПС153-5к	500	660	812	500	1000	2,5	2,0	92,4	496
П176-8к	810	450	1480	190	450	2,0	1,4	90,8	2159
П176-8к	950	600	1700	400	800	2,25	1,6	94,2	2159
П176-8к	1420	750	2000	450	880	2,25	2,0	94,2	2159
ПС179-9к	300	440	800	65	200	2,5	2,0	81,7	3080
ПС179-9к	680	440	1700	145	440	2,5	1,8	90,7	3080
ПС179-9к	900	660 -	1450	220	440	2,5	1,8	93,5	3080
ПС179-9к	1150	660	1870	220	500	2,0	2,25	93,9	3080
2П153-5к	2x350	2x315	1230	400	1250	2,2	1,6	89,5	980
2П176-8к	2x620	2x460	1460	190	750	2,25	1,6	91,0	4514
2П176-8к	2x1450	2x750	2x2050	450	880	2,25	1,6	94,2	4514

Электродвигатели постоянного тока серии П2

Тип двигателя	P_H , кВт	U_H , В	I_H А	n_H	n_{max}	Параметры обмотки возбуждения	
				Об/мин		U_H , В	I_H , А
1	2	3	4	5	6	7	8
П2-18/70-03	300	440	870	36	45	110	150
П2-20/68-2	2000	930	2300	125	250	220	93
П2-21/33-2,5	2500	750	3540	260	500	220	60
П22/120-4,5	4500	930	5100	150	300	220	95
П22/80-4,5	4500	930	4600	215	400	200	115
П2-23/132-5,4	5400	930	6100	70	120	110	500
П23/165-5	5000	850	6300	50	90	115	490
2П23/71-4	2x4000	930	2x7530	160	320	140	2x150
П23/71-4	4000	930	4530	160	320	140	150
2П23/110-2,75	2x2750	1000	3000	42	60	165	350
2П23/106-4,4	2x4400	800	5850	70	140	140	341
П2-23/106-6,5	6500	930	7200	80	130	700	730
2П24/115-3,5	2x3500	750	5050	40	80	110	515
2П25/105-4	2x4000	930	2x4630	50	100	125	2(2x155)
П25/105-4	4000	930	2x4630	50	100	125	2x155
2П25/85-4	2x4000	930	2x4600	60	125	100	2(2x115)
2П25/62-4	2x4000	930	2x4680	80	160	-220	2x152
2П25/43-4	2x4000	930	2x4560	125	270	150	2x120
П2-25/130-8,5	8500	930	10000	63	120	90	730
П2-26/15-10	10000	930	11360	50	90	150	500
П2-12500-63	12500	930	-	63	110		
П2-7100-74	7100	930	-	71	120		
П2-5600-90	5600	930	-	90	145		
П2-5000-25	5000	930	-	25	60		
П2-4500-28	4500	930	-	28	65		
П2-4000-32	4000	930	-	32	80		
П2-3550-35,5	3550	930	-	35,5	85		
П2-3150-40	3150	930	-	40	100		
П2-2800-45	2800	930	-	45	115		

Двигатели серии П2 для привода нереверсивных прокатных станов

Тип двигателя	P_H , кВт	U_H , В	n_H	n_{max}
			Об/мин	
1	2	3	4	5
П2-10000-50	10000	930	50	80
П2-10000-63	10000	930	63	80
П2-8000-63	8000	930	63	80
П2-8000-80	8000	930	80	100
П2-8000-100	8000	930	100	125
П2-8000-125	8000	930	125	160
П2-8000-160	8000	930	160	200
П2-8000-200	8000	930	200	260
П2-8000-250	8000	930	250	320
П2-8000-315	8000	930	315	330
П2-5000-250	5000	930	250	330
П2-5000-316	5000	930	316	400
П2-5000-400	5000	930	400	500
П2-5000-25	5000	930	25	50
П2-5000-32	5000	930	32	64
П2-4000-32	4000	930	32	64
П2-4000-40	4000	930	40	80
П2-4000-50	4000	930	50	100
П2-4000-63	4000	930	63	125
П2-4000-80	4000	930	80	160
П2-4000-100	4000	930	100	200
П2-4000-125	4000	930	125	250
П2-4000-160	4000	930	160	320
П2-3150-315	3150	930	315	480
П2-3150-400	3150	930	400	600
П2-3150-500	3150	930	500	700
П2-2500-125	2500	930	125	250
П2-2500-160	2500	930	160	320
П2-2500-200	2500	930	200	400
П2-2000-400	2000	930	400	650
П2-2000-500	2000	930	500	900
П2-2000-630	2000	930	630	1000
П2-2000-800	2000	930	800	1000
П2-1600-160	1600	930	160	320
П2-1600-200	1600	930	200	400
П2-1600-250	1600	930	250	500

1	2	3	4	5
П2-1250-630	1250	750	630	1250
П2-1250-800	1250	750	800	1250
П2-1250-1000	1250	750	1000	1250
П2-1000-200	1000	930	200	400
П2-1000-250	1000	930	250	500
П2-1000-315	1000	930	315	630
П2-1000-400	1000	930	400	800
П2-1100-200	1100	750	200	500
П2-1400-400	1400	750	400	1000

Приложение 5

Двигатели постоянного тока вертикального исполнения

Тип двигателя	P_H , кВт	U_H , В	I_H , А	n_H	n_{max}	I_{max} / I_H		К.п.д. %	GD^2 кгм ²
				Об/мин		$0 \div n_H$	n_{max}		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ПВ123-8к	160	220	800	750	1500	2,5	1,5	90	58
ПВ125-8к	200	220	990	750	1500	2,5	1,5	91,2	66
ПВ127-8к	250	330	812	750	1000	2,5	1,5	92,8	74
ПВ129-8к	300	330	975	750	1000	2,5	1,5	92,8	81
ПЭВ153-5к	320	440	794	300	-	2,5	-	90,5	500
ПВ2-100-7к	2000	750	2920	65	110	2,25	1,6	91,2	58000
ПВУ-21-100-7к	1850	730	2765	60	110	2,5	1,6	91,2	60000
ПВ-129-8к	360	400	-	920	1000	2,5	1,5	93,5	95
ПВ2-12-73-8к	400	440	975	750	1000	2,5	2,0	93,8	80
МПВ640-700	640	600	1150	700	1000	2,5	2,0	93,7	160
МПС540-1000	400	440	1000	500	1000	2,5	2,0	91,0	120

Приложение 6

3-фазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором

Привязка мощностей к установочно - присоединительным размерам по стандартам CENELEC, DIN.

Высота оси вращения мм	Мощность кВт	Тип	Масса IM1001 кг	Частота вращения об/мин	КПД	Коэф. МОЩНО СТИ cos φ	Ток при 380 В А	1пуск IA/ IN	Мпуск MA/ MN	Ммакс МК/ MN	Момент инерции kg x m
1500 – об / мин (4 полюса)											
71	0.25	RA71A4	6.4	1410	63.0	0.72	0.8	4.0	1.9	2.3	0.0006
71	0.37	RA71B4	7.0	1410	65.0	0.74	1.2	4.0	1.9	2.3	0.0008
80	0.55	RA80A4	8.4	1410	70.0	0.78	1.4	4.0	1.7	2.0	0.0018
80	0.75	RA80B4	10	1415	73.0	0.74	2.0	4.5	2.0	2.5	0.0023
90	1.1	RA90S4	14	1420	77.0	0.80	2.7	5.5	2.3	2.6	0.0034
90	1.5	RA90L4	16	1420	78.5	0.80	3.6	5.5	2.3	2.8	0.0042
100	2.2	RA100LA4	17	1390	78.0	0.82	5.2	5.0	2.2	2.6	0.0048
100	3.0	RA100LB4	21	1395	78.0	0.80	7.3	5.5	2.7	3.0	0.0058
112	4.0	RA112M4	37	1440	85.0	0.84	8.5	6.5	2.2	2.9	0.0103
132	5.5	RA132S4	45	1450	87.0	0.85	11.3	7.0	2.4	3.0	0.0229
132	7.5	RA132M4	52	1455	88.0	0.83	15.6	7.0	2.8	3.2	0.0277
160	11.0	RA160M4	110	1460	88.5	0.86	22	6.5	1.8	2.8	0.0613
160	15.0	RA160L4	129	1460	90.0	0.87	29	7.0	1.9	2.9	0.0862
180	18.5	RA180M4	149	1460	90.5	0.89	35	7.0	1.9	2.9	0.1038
180	22.0	RA180L4	157	1460	91.0	0.88	42	7.0	2.1	2.8	0.1131
200	30.0	RA200L4	210	1465	90.5	0.86	58	7.0	2.3	3.2	0.3200
225	37.0	RA225S4	230	1465	92.0	0.87	70	7.5	2.2	3.5	0.4000
225	45.0	RA225M4	260	1465	92.0	0.87	86	7.0	2.2	3.2	0.4500
250	55.0	RA250M4	325	1470	92.5	0.87	104	7.5	2.6	3.4	0.4400
280	75.0	RA280S4	450	1480	93.0	0.82	139	7.5	2.5	3.5	0.5
280	90.0	RA280M4	495	1470	93.0	0.86	169	7.5	2.5	3.5	0.6
315	110.0	RA315S4	740	1485	94.8	0.86	195	7.0	2.1	2.4	0.7
315	132.0	RA315M4	840	1480	95.0	0.87	231	7.0	2.1	2.4	0.8

3-фазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором.

Привязка мощностей к установочно-присоединительным размерам по стандартам CENELEC, DIN.

Высота оси вращения мм	Мощ- ность кВт	Тип	Масса IM100 1 кг	Частота враще- ния об/мин	КПД %	Коэф. мощ- ности cos φ	Ток при 380В А	I пуск IA/IN	M пуск MA/ MN	M макс МК/ MN	Момент инер- ции кг м
3000 об/мин (2 полюса)											
71	0.37	RA71A2	6.8	2835	71.0	0.78	1.0	5.0	2.3	2.5	0.0004
71	0.55	RA71B2	7.8	2815	74.0	0.82	1.4	5.0	2.5	2.6	0.0005
80	0.75	RA80A2	8.7	2820	74.0	0.83	1.9	5.3	2.5	2.7	0.0008
80	1.1	RA80B2	10.5	2800	77.0	0.86	2.5	5.2	2.6	2.8	0.0012
90	1.5	RA90S2	13	2835	79.0	0.87	3.3	6.5	2.8	3.0	0.0010
90	2.2	RA90L2	15	2820	82.0	0.87	4.7	6.5	3.2	3.4	0.0015
100	3.0	RA100L2	17	2835	82.0	0.86	6.5	6.5	2.9	3.2	0.0038
112	4.0	RA112M2	39	2865	83.5	0.90	8.0	6.0	2.0	3.0	0.0082
132	5.5	RA132SA2	43	2880	85.0	0.89	11	6.5	2.4	3.0	0.0155
132	7.5	RA132SB2	49	2895	87.0	0.89	15	7.0	2.5	3.2	0.0185
160	11.0	RA160MA2	112	2940	87.5	0.89	22	6.8	2.0	3.3	0.438
160	15.0	RA160MB2	116	2940	90.0	0.86	29	7.5	2.0	3.2	0.470
160	18.5	RA160L2	133	2940	90.0	0.88	35	7.5	2.0	3.2	0.0533
180	22.0	RA180M2	147	2940	90.5	0.89	42	7.5	2.1	3.5	0.0604
200	30.0	RA200LA2	205	2940	91.0	0.88	56	7.0	2.3	3.6	0.1164
200	37.0	RA200LB2	230	2950	91.5	0.88	70	7.5	2.3	3.2	0.1400
225	45.0	RA225M2	255	2940	92.0	0.90	83	7.5	2.4	3.3	0.1790
250	55.0	RA250M2	320	2955	93.5	0.90	100	7.5	2.3	4.0	0.3000
280	75.0	RA280S2	450	2965	94.0	0.89	136	7.5	2.6	4.0	0.4000
280	90.0	RA280M2	490	2960	94.5	0.91	162	7.5	2.7	4.0	0.5000
315	110.0	RA315S2	610	2970	94.0	0.90	183	7.5	3.0	4.0	1.2100
315	132.0	RA315M2	700	2970	94.0	0.90	219	7.5	2.5	3.0	1.4400

3-фазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором.

Привязка мощностей к установочно - присоединительным размерам по ГОСТ.

Многоскоростные															
Высота ос вращения мм	Мощность кВт		Тип	Масса IM1001 кг	Частота вращения об/мин	КПД %		Коэф. МОЩНОСТИ cos φ	Ток при 380 В А		1Пуск IA/IN		Мпуск MA/MN		Ммакс MK/MN
80	1.1	1.5	A80A4/2	14	1420 2820	72	69	0.80 0.85	2.9 3.9	4.5 4.5	1.7 1.7	2.2 2.0			
90	1.5	2.0	A90LA4/2	16	1400 2800	72	71	0.83 0.87	3.6 4.8	4.5 4.5	1.8 1.6	2.3 2.1			
90	2.0	2.65	A90LB4/2	22.2	1410 2865	74	77	0.81 0.84	2.9 3.9	5.3 5.3	2.3 2.1	2.6 2.8			
160	11.0	14.0	4AM160S4/2	131	1460 2900	86.0	83.0	0.86 0.92	23 28	6.5 6.5	1.6 1.4	2.3 2.3			
160	14.0	17.0	4AM160M4/2	153	1460 2900	87.5	85.0	0.86 0.92	28 33	7.5 7.5	1.7 1.5	2.4 2.7			
180	22.0	26.0	A180M4/2	185	1460 2930	89.0	88.5	0.90 0.95	41 47	7.0 8.0	1.8 1.6	2.8 3.0			
160	7.5	8.5	4AM160S6/4	131	980 1455	84.0	84.0	0.82 0.91	17 17	6.5 5.5	1.8 1.3	2.5 2.2			
160	11.0	13.0	4AM160M6/4	156	980 1460	84.5	85.0	0.82 0.91	24 26	6.5 5.5	1.8 1.4	2.5 2.2			
90	0.63	1.0	A90L8/4	18	655 1420	53	72	0.73 0.85	2.5 2.3	2.5 4.0	1.4 1.3	1.6 1.9			
160	6.0	9.0	AIP16088/4	125	730 1460	81.0	84.0	0.69 0.88	16 18	5.5 7.0	1.8 1.5	2.0 2.0			
160	9.0	13.0	AIP160M8/4	150	730 1460	81.5	84.0	0.71 0.89	24 26	5.5 7.0	1.5 1.2	2.0 2.0			
200	17.0	25.0	A200M8/4	220	725 1455	86.0	86.5	0.80 0.92	37 48	5.5 6.0	2.0 1.6	2.7 3.0			
160	7.5	8.5	4AM160S8/6	131	720 965	83.0	84.0	0.76 0.87	18 18	5.0 5.0	1.8 1.5	2.2 2.2			
160	10.0	11.0	4AM160M8/6	156	720 965	84.5	86.9	0.75 0.85	24 23	5.0 6.0	2.0 1.8	2.3 2.3			
200	15.0	18.5	A200M8/6	195	725 965	86.5	87.0	0.78 0.88	33 37	5.5 5.5	1.7 1.5	2.3 2.2			
200	18.5	22.0	A200L8/6	220	730 970	88.0	88.5	0.75 0.86	42 44	6.0 6.5	2.0 1.8	2.7 2.6			
160	2.8	6.7	4AM160S12/6	131	485 960	65.0	80.0	0.53 0.89	12 14	4.0 5.0	1.8 1.1	2.4 1.7			
160	4.0	9.0	4AM160M12/6	156	485 960	68.0	82.0	0.54 0.87	17 19	4.0 5.0	1.8 1.1	2.4 1.7			
160	4.8 5.3	7.5	4AM160S6/4/2	131	970 1475 2925	79.5 81.0 77.5		0.81 0.82 0.93	11 12 16	5.5 7.0 7.0	1.3 1.3 1.1	2.0 2.2 2.2			
160	6.7 7.5	10.5	4AM160M6/4/2	153	970 1475 2925	81.5 83.0 79.0		0.78 0.84 0.93	16 16 23	6.0 7.0 7.0	1.3 1.1 1.1	2.0 2.2 2.2			
160	3.4 4.25	6.3	4AM160S8/4/2	131	720 1475 2925	75.0 81.5 77.5		0.74 0.81 77.5	10 10 13	4.5 7.5 7.0	1.2 1.2 1.0	1.8 2.5 2.5			
160	5.0 7.1	9.5	4AM160M8/4/2	153	720 1475 2925	78.5 84.0 81.0		0.72 0.85 0.94	13 15 19	5.0 7.0 7.0	1.3 1.1 1.0	2.0			
160	4.0 4.5	7.5	4AM160S8/6/4	131	735 980 1450	73.5 76.5 81.0		0.63 0.75 0.90	13 12 16	5.5 6.0 6.0	2.0 1.2 1.2	2.7 2.2 2.2			
160	5.0 6.3	10.0	4AM160M8/6/4	156	735 980 1450	74.5 78.5 82.5		0.64 0.78 0.91	16 16 20	5.0 6.5 6.0	2.0 1.2 1.2	2.7 2.2 2.2			
160	1.8 4.25	4.0 6.7	4AM160M12/8/6/4	156	490 730 970 1460	53.5 69.5 77.5 78.0		0.50 0.65 0.85 0.90	10 13 10 14	3.0 5.0 4.5 6.5	1.6 1.1 1.3 1.0	2.5 2.0 2.2 2.0			

3-фазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором

Привязка мощностей к установочно – присоединительным размерам по ГОСТ.

Взрывозащищённые

Уровень взрывозащиты для двигателей типа
ВА-1ExdII BT5 (ГОСТ 12.2.020)

Уровень взрывозащиты для двигателей типа
ВАР-РВЗВ.

Высота оси враще- ния мм	Мощ- ность кВт	Тип	Масса IM1001 кг	Часто- та враще- ния об/ми- н	КПД %	Коэф. мощ- ности cos φ	Ток при 380 В А	I пуск IA/IN	M пуск кг м MA/MN	M макс кг м MK/MN
3000 об/мин (2 полюса)										
100	4.0	ВА100S2	50	2820	80.0	0.85	9	6.5	3.8	3.8
132	7.5	ВА,ВАР132S2	106	2880	87.0	0.89	15	7.0	2.5	3.2
132	11.0	ВА,ВАР132M2	114	2865	87.0	0.88	22	7.0	2.3	3.0
160	11.0	ВА,ВАР160AS2	140	2940	87.5	0.89	22	6.8	2.0	3.3
160	15.0	ВА,ВАР160S2	145	2940	90.0	0.86	30	7.5	2.0	3.2
160	18.5	ВА,ВАР160M2	165	2940	90.0	0.88	36	7.5	2.0	3.2
180	22.0	ВА180S2	180	2940	90.5	0.89	42	7.5	2.1	3.5
180	30.0	ВА180M2	200	2940	92.0	0.89	56	7.5	2.2	3.5
1500 об/мин (4 полюса)										
100	3.0	ВА100S4	50	1415	79.5	0.80	7	5.5	2.8	3.3
132	5.5	ВА,ВАР132SA4	101	1450	87.0	0.85	11	7.0	2.4	3.0
132	7.5	ВА,ВАР132S4	107	1455	88.0	0.83	16	7.0	2.8	3.2
132	11.0	ВА,ВАР132M4	120	1430	87.0	0.85	22	7.0	2.6	3.1
160	11.0	ВА,ВАР160SA4	145	1460	88.5	0.86	22	6.5	1.8	2.8
160	15.0	ВА,ВАР160S4	155	1460	90.0	0.87	30	7.0	1.9	2.9
160	18.5	ВА,ВАР160M4	175	1455	90.5	0.89	35	7.0	1.9	2.9
180	22.0	ВА180S4	190	1460	89.5	0.85	44	7.5	2.4	3.4
180	30.0	ВА180M4	220	1460	91.0	0.89	56	7.0	2.4	3.0
1000 об/мин (6 полюсов)										
132	3.0	ВА,ВАР132SA6	97	960	83.0	0.79	7	5.9	2.2	2.6
132	4.0	ВА,ВАР132SB6	105	960	84.0	0.80	9	6.0	2.2	2.6
132	5.5	ВА,ВАР132S6	116	950	83.0	0.82	12	5.0	2.2	2.5
132	7.5	ВА,ВАР132M6	120	960	84.5	0.77	18	6.5	2.8	3.1
160	7.5	ВА,ВАР160SA6	140	970	87.0	0.80	17	6.0	2.0	2.8
160	11.0	ВА,ВАР160S6	155	970	8.5	0.82	23	6.5	2.2	2.9
160	15.0	ВА,ВАР160M6	190	970	89.0	0.82	32	7.0	2.3	3.0
180	18.5	ВА180M6	195	970	89.0	0.86	37	6.0	2.2	3.0
750 об/мин (8 полюсов)										
160	4.0	ВА,ВАР160SA8	140	735	84.0	0.71	10	4.8	1.8	2.2
160	5.5	ВА,ВАР160SB8	145	735	84.0	0.71	14	4.8	1.8	2.2
160	7.5	ВА,ВАР160S8	155	730	85.0	0.73	18	5.5	1.8	2.4
160	11.0	ВА,ВАР160M8	185	730	87.0	0.75	26	5.5	1.8	2.4
180	15.0	ВА180M8	205	730	86.5	0.76	35	5.5	2.0	2.7

3-фазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором.

Привязка мощностей к установочно - присоединительным размерам по стандартам CENELEC, DIN.

Высота оси вращения ММ	Мощность кВт	Тип	Масса IM1001 кг	Частота вращения об/мин	КПД %	Кэф. МОЩНОС ТИ cos	Ток при 380 В А	I Пуск IA/IN	Mпуск MA/MN	Muarr МК/MN	Момент инерции Kg x m
750 об/мин (8 полюсов)											
71	0.09	RA71A8	6.6	665	42.0	0.57	0.57	2.1	1.7	1.9	0.0005
71	0.12	RA71B8	8.1	660	45.0	0.58	0.7	2.3	1.6	2.0	0.0006
80	0.18	RA80A8	10.5	690	55.0	0.61	0.78	2.8	2.0	2.2	0.0013
80	0.25	RA80B8	12	695	56.0	0.59	1.12	3.0	2.3	2.5	0.0017
90	0.37	RA90S8	15	700	59.0	0.59	1.54	3.0	1.9	2.1	0.0030
90	0.55	RA90L8	18	675	63.0	0.62	2.04	3.2	2.1	2.2	0.0038
100	0.75	RA100LA8	23	705	67.0	0.60	2.7	3.3	2.0	2.3	0.0063
100	1.1	RA100LB8	33.5	705	72.0	0.68	3.25	4.0	2.0	2.4	0.0090
112	1.5	RA112M8	33.5	705	75.0	0.71	4.1	4.4	2.2	2.5	0.0225
132	2.2	RA13288	48	705	75.0	0.75	5.6	4.0	1.7	2.3	0.0530
132	3.0	RA132M8	53	700	78.0	0.75	7.4	4.0	1.7	2.3	0.0625
160	4.0	RA180MA8	107	730	84.0	0.71	10	4.8	1.8	2.2	0.1031
160	5.5	PA180MB8	112	730	84.0	0.71	14	4.8	1.8	2.2	0.1156
160	7.5	RA160L8	131	730	85.0	0.73	18	5.5	1.8	2.4	0.1443
180	11.0	RA180L8	158	730	87.0	0.75	26	5.5	1.8	2.4	0.1897
200	15.0	RA200L8	195	730	88.0	0.80	32	5.7	2.0	2.8	0.3600
225	18.5	RA225S8	210	730	88.0	0.80	38	5.8	2.1	2.5	0.4400
225	22.0	RA225M8	228	730	88.5	0.77	44.5	6.0	2.0	2.4	0.4400
250	30.0	RA250M8	360	730	90.0	0.80	60	5.5	2.2	2.2	0.8250
280	37.0	RA280S8	485	735	91.0	0.80	73.5	5.5	2.0	2.0	1.3500
280	45.0	RA280M8	520	735	91.5	0.77	92	5.5	2.2	2.0	1.5500
315	55.0	RA315S8	650	740	92.5	0.80	113	6.0	2.0	2.4	2.6300
315	75.0	RA315M8	700	740	93.3	0.81	143	6.0	2.0	2.3	3.3300

3-фазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором.

Привязка мощностей к установочно – присоединительным размерам по стандартам CENELEC, DIN.

Высота оси враще- ния мм	Мощ- ност кВт	Тип	Масса IM100 1 кг	КПД %	Козф. мощнос- ти cos	Ток при 380 В А	1 пуск IA/IN	М пуск MA/MN	М макс МК/MN	Момент инер- ции кг м	Часто- та враще- ния об/мин
1000 об/мин (6 полюсов)											
71	0.18	RA71A6	7.5	56.0	0.73	0.7	2.3	2.0	2.0	0.0006	835
71	0.25	RA71B6	7.5	58.0	0.73	0.9	3.0	2.0	2.0	0.0009	860
80	0.37	RA80A6	8.4	64.0	0.72	1.2	3.3	2.0	2.5	0.0027	910
80	0.55	RA80B6	10	67.0	0.70	1.8	3.3	2.0	2.5	0.0030	915
90	0.75	RA90S6	14	71.0	0.70	2.3	4.0	2.0	2.4	0.0040	930
90	1.1	RA90L6	16	72.0	0.72	3.2	4.0	2.0	2.4	0.0052	930
100	1.5	RA100L6	18	72.0	0.71	4.5	4.5	2.4	2.8	0.0063	925
112	2.2	RA112M6	33	79.0	0.75	5.6	5.0	1.8	2.3	0.0185	960
132	3.0	RA132S6	41	83.0	0.79	7	5.9	2.2	2.6	0.0252	960
132	4.0	RA132MA6	50	84.0	0.80	9	6.0	2.2	2.6	0.0368	960
132	5.5	RA132MB6	56	83.0	0.82	12.2	5.0	2.2	2.5	0.0434	950
160	7.5	RA160M6	110	87.0	0.80	16	6.0	2.0	2.8	0.0916	970
160	11.0	RA160L6	133	88.5	0.82	23	6.5	2.2	2.9	0.1232	970
180	15.0	RA180L6	155	89.0	0.82	31	7.0	2.3	3.0	0.1512	970
200	18.5	RA200LA6	190	87.0	0.82	39	5.5	1.8	2.7	0.3100	970
200	22.0	RA200LB6	195	87.0	0.84	46	6.0	2.0	2.5	0.3600	970
225	30.0	RA225M6	240	89.5	0.86	59	6.5	2.0	2.7	0.4430	970
250	37.0	RA250M6	360	91.0	0.89	66	6.0	2.0	2.3	0.8250	970
280	45.0	RA280S6	465	92.0	0.87	81	6.0	2.0	2.0	1.2800	980
280	55.0	RA280M6	520	92.5	0.88	97.5	6.0	2.1	2.2	1.2800	980
315	75.0	RA315S6	690	93.7	0.88	146	5.9	1.8	2.2	2.6300	983
315	90.0	RA315M6	800	94.2	0.88	174	5.9	1.8	2.2	3.3300	983

3-фазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором.

Привязка мощностей к установочно – присоединительным размерам по ГОСТ.

Высота оси враще ния мм	Мощ- ность кВт	Тип	Масса IM1001 кг	КПД %	Коэф. мощнос ти cos	Ток при 380 В А	1 пуск IA/IN	М пуск MA/MN	М макс МК/MN	Момент инер- ции кг м	Час тота враще ния об/мин
1500 об/мин (4 полюсов)											
71	0.55	A71A4	8.5	70.0	0.78	1.4	4.0	1.7	2.0	0.0010	1410
71	0.75	A71B4	10	73.0	0.74	2	4.5	2.0	2.5	0.0015	1415
80	1.1	A80A4	14	77.0	0.80	2.7	5.5	2.3	2.6	0.0028	1420
80	1.5	A80B4	16	78.5	0.80	3.6	5.5	2.3	2.8	0.0034	1420
90	2.2	A90L4	17	78.0	0.82	5.2	5.0	2.2	2.6	0.0056	1390
100	3.0	A100S4	21	78.0	0.80	7.3	5.5	2.7	3.0	0.0100	1395
100	4.0	A100L4	37	83.0	0.78	9	6.6	2.8	6.6	0.0130	1435
112	5.5	A112M4	45	87.0	0.85	11.3	7.0	2.4	3.0	0.0236	1450
132	7.5	A132S4	52	88.0	0.83	15.6	7.0	2.8	3.2	0.0227	1455
132	11.0	A132M4	60	87.0	0.83	22	7.0	2.5	2.9	0.0349	1435
160	15.0	AIP160S4	125	89.0	0.87	29	7.0	1.9	2.9	0.0600	1460
160	18.5	AIP160M4	142	90.0	0.89	35	7.0	1.9	2.9	0.0650	1460
180	22.0	A180S4	160	91.0	0.88	42	7.0	2.1	2.8	0.0700	1460
180	30.0	A180M4	190	91.0	0.89	56	7.0	2.4	3.0	0.0800	1460
200	37.0	A200M4	230	92.0	0.87	70	7.5	2.2	3.5	0.1500	1460
200	45.0	A200L4	260	92.0	0.87	86	7.0	2.2	3.2	0.1800	1460
225	55.0	A225M4	325	92.5	0.87	104	7.5	2.6	3.4	0.2000	1470
250	75.0	A250S4	450	92.5	0.90	139	7.0	2.5	3.2	0.3500	1470
250	90.0	A250M4	495	93.0	0.86	169	7.5	2.5	3.5	0.4000	1470
280	110.0	A280S4	650	93.0	0.91	190	7.0	2.6	2.7	0.6000	1470
280	132.0	A280M4	700	93.0	0.91	230	7.0	2.0	2.7	0.7000	1470
315	160.0	A315S4	1000	95.0	0.87	279	6.5	1.8	2.2	2.7000	1480
315	200.0	A315M4	1200	95.0	0.88	343	6.8	2.0	2.4	4.8200	1480

3-фазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором.

Привязка мощностей к установочно – присоединительным размерам по ГОСТ.

Высота оси враще ния мм	Мощ- ность кВт	Тип	Масса IM1001 кг	КПД %	Коэф. мощнос ти cos	Ток при 380 В А	1 пуск IA/IN	М пуск MA/MN	М макс МК/MN	Момент инер- ции кг м	Час тота враще ния об/мин
3000 об/мин (2 полюсов)											
71	0.75	A71A2	8.7	74.0	0.83	1.9	5.3	2.5	2.7	0.0006	2815
71	1.1	A71B2	10.5	77.0	0.86	2.5	5.2	2.6	2.8	0.0008	2810
80	1.5	A80A2	13	79.0	0.87	3.2	6.5	2.8	3.0	0.0011	2835
80	2.2	A80B2	15	82.0	0.87	4.6	6.5	3.2	3.4	0.0018	2820
90	3.0	A90L2	17	82.0	0.86	6.5	6.5	2.9	3.2	0.0024	2835
100	4.0	A100S2	20.5	83.0	0.84	8.7	7.0	3.4	4.0	0.0070	2845
100	5.5	A100L2	28	84.0	0.86	11	5.5	1.8	2.2	0.0080	2860
112	7.5	A112M2	49	87.0	0.89	15	7.0	2.5	3.2	0.0185	2895
132	11.0	A132M2	54	87.0	0.88	22	7.0	2.3	3.0	0.0227	2865
160	15.0	AIP160S2	116	88.0	0.86	30	7.5	2.0	3.2	0.0500	2940
160	18.5	AIP160M2	130	90.0	0.88	35	7.5	2.0	3.2	0.0550	2940
180	22.0	A180S2	150	90.5	0.89	42	7.5	2.1	3.5	0.0620	2940
180	30.0	A180M2	170	92.0	0.89	56	7.5	2.2	3.5	0.0700	2940
200	37.0	A200M2	230	91.5	0.88	70	7.5	2.3	3.2	0.1400	2950
200	45.0	A200L2	255	92.5	0.90	83	7.5	2.4	3.3	0.1600	2940
225	55.0	A225M2	320	93.5	0.90	100	7.5	2.3	4.0	0.2000	2955
250	75.0	A250S2	450	94.0	0.89	136	7.5	2.6	4.0	0.3500	2965
250	90.0	A250M2	490	94.5	0.91	162	7.5	2.7	4.0	0.4000	2960
280	110.0	A280S2	590	94.0	0.90	190	8.0	3.0	4.0	0.6000	2970
280	132.0	A280M2	620	94.0	0.90	230	8.5	2.5	3.0	0.7000	2970
315	160.0	A315S2	800	95.0	0.92	328	7.5	2.6	2.7	2.8200	2970
315	200.0	A315M2	950	95.0	0.93	404	7.5	2.1	2.0	3.6600	2970

3-фазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором.

Привязка мощностей к установочно – присоединительным размерам по ГОСТ.

Высота оси враще- ния мм	Мощ- ность кВт	Тип	Масса IM1001 кг	КПД %	Коэф. мощнос- ти cos	Ток при 380 В А	I пуск IA/IN	M пуск MA/MN	M макс МК/MN	Момент инер- ции кг м	Час- тота враще- ния об/мин
750 об/мин (8 полюсов)											
71	0.25	A71B8	9	56.0	0.65	1.10	3.0	1.8	2.0	0.0025	700
80	0.37	A80A8	15	59.0	0.59	1.54	3.0	1.9	2.1	0.0030	700
80	0.55	A80B8	18	63.0	0.62	2.04	3.2	2.1	2.2	0.0038	675
90	0.75	A90LA8	23	67.0	0.60	2.70	3.3	2.0	2.3	0.0063	705
90	1.1	A90LB8	28	72.0	0.68	3.25	4.0	2.0	2.4	0.0090	705
100	1.5	A100L8	33.5	75.0	0.71	4.1	4.4	2.2	2.5	0.0123	705
112	2.2	A112MA8	46	75.0	0.75	5.6	4.0	1.7	2.3	0.0221	705
112	3.0	A112MB8	53	78.0	0.73	7.4	4.0	1.7	2.3	0.0288	700
132	4.0	A132S8	70	79.0	0.76	9.6	4.0	1.6	1.9	0.0690	710
132	5.5	A132M8	86	80.0	0.76	13	4.0	1.7	2.1	0.0935	710
160	7.5	AIP160S8	125	86.0	0.73	18	5.5	1.8	2.4	0.0800	730
160	11.0	AIP160M8	150	87.0	0.75	26	6.5	1.8	2.4	0.0850	730
180	15.0	A180M8	172	86.5	0.76	35	5.5	2.0	2.7	0.1000	730
200	18.5	A200M8	210	88.0	0.80	40	5.8	2.1	2.5	0.3000	730
200	22.0	A200L8	225	88.5	0.77	49	6.0	2.0	2.5	0.3500	730
225	30.0	A225M8	360	90.0	0.80	60	5.5	2.2	2.2	0.8250	730
250	37.0	A250S8	465	91.0	0.80	73.5	5.5	2.0	2.0	1.3500	735
250	45.0	A250M8	520	91.5	0.77	92.0	5.5	2.2	2.0	1.5500	735
280	55.0	A280S8	650	92.5	0.80	107	6.0	2.0	2.4	2.6300	740
280	75.0	A280M8	700	93.3	0.81	143	6.0	2.0	2.3	3.3300	740
315	90.0	A315S8	880	93.5	0.81	181	6.0	2.0	2.4	3.6000	740
315	110.0	A315M8	1050	94.5	0.81	218	6.0	2.4	2.6	6.0000	740
500 об/мин (12 полюсов)											
180	7.5	A180MA12	200	84.5	0.58	23.2	4.3	1.9	2.6	0.0900	485
180	9.0	A180MB12	210	82.0	0.64	26	3.7	1.8	2.0	0.0900	480
200	11.0	A200M12	215	83.0	0.61	33	4.0	2.0	2.5	0.2500	480
200	13.0	A200LA12	220	83.0	0.65	36.4	4.0	1.6	2.0	0.2500	480
200	15.0	A200LB12	250	84.0	0.61	39	4.5	2.0	3.0	0.2500	480
225	18.5	A225M12	325	84.0	0.69	48.5	4.7	1.7	2.5	0.8250	480
250	22.0	A250M12	460	85.0	0.71	55.4	5.0	1.7	2.6	1.4800	480

3-фазные асинхронные двигатели с короткозамкнутым ротором

Привязка мощностей к установочно – присоединительным размерам по ГОСТ.

Высота оси враще ния мм	Мощ- ность кВт	Тип	Масса IM1001 кг	КПД %	Коэф. мощнос ти cos	Ток при 380 В А	1 пуск IA/IN	М пуск MA/MN	М макс МК/MN	Момент инер- ции кг м	Час тота враще ния об/мин
1000 об/мин (6 полюсов)											
71	0.37	A71A6	8.4	64.0	0.72	1.2	4.0	2.0	2.2	0.0015	910
71	0.55	A71B6	10	67.0	0.70	1.8	4.0	2.0	2.2	0.0020	915
80	0.75	A80A6	14	71.0	0.70	2.3	4.0	2.0	2.4	0.0035	930
80	1.1	A80B6	16	72.0	0.72	3.2	4.0	2.0	2.4	0.0048	930
90	1.5	A90L6	18	72.0	0.71	4.5	4.5	2.4	2.8	0.0066	925
100	2.2	A100L6	24	72.0	0.71	5.4	4.8	2.9	3.1	0.0200	925
112	3.0	A112MA6	41	83.0	0.79	7	5.9	2.2	2.6	0.0380	960
112	4.0	A112MB6	50	84.0	0.80	9	6.0	2.2	2.6	0.0425	960
132	5.5	A132S6	56	83.0	0.82	12.2	5.0	2.2	2.5	0.0500	950
132	7.5	A132M6	61	84.5	0.77	17.5	6.5	2.8	3.1	0.0597	960
160	11.0	AIP160S6	125	87.0	0.82	23	6.5	2.2	2.9	0.0700	970
160	15.0	AIP160M6	155	89.0	0.82	31	7.0	2.3	3.0	0.0750	970
180	18.5	A180M6	160	89.0	0.86	37	6.0	2.2	3.0	0.0900	970
200	22.0	A200M6	195	87.0	0.84	46	6.0	2.0	2.5	0.2000	970
200	30.0	A200L6	240	89.5	0.86	59	6.5	2.0	2.7	0.2500	970
225	37.0	A225M6	360	91.0	0.89	66	6.0	2.0	2.3	0.8250	973
250	45.0	A250S6	465	92.0	0.87	81	6.0	2.0	2.0	1.2800	980
250	55.0	A250M6	520	92.5	0.88	97.5	6.0	2.1	2.2	1.4800	980
280	75.0	A280S6	650	93.5	0.87	133	6.5	2.0	2.4	2.6300	985
280	90.0	A280M6	700	94.0	0.88	157	6.5	2.0	2.4	3.3300	990
315	110.0	A315S6	750	94.0	0.88	202	7.5	2.2	3.5	3.6000	980
315	132.0	A315M6	1050	95.0	0.88	240	7.0	2.4	2.6	6.0000	985

Уровень звука

Измерение уровня звука производится по ГОСТ 11929 (DIN EN 21680 часть 1-11.91) в режиме холостого хода при номинальном напряжении и частоте сети.

Для двигателей, выполненных для 60 Гц, в качестве ориентировочного значения применяется табличное +5dB(A).

Окраска

Стандартная окраска соответствует установке двигателей в помещениях или под навесом на открытом воздухе при умеренной температуре. Цвет – RAL 5017 (васильковый).

Конец вала

Двигатели имеют шпонки и пазы под шпонки, выполненные по ГОСТ 23360, исполнения 2 (DIN 6885 формы В). Длины шпонок отвечают ГОСТ 23360 (DIN 748, часть 3-7/91).

Двигатели поставляются с вложенной шпонкой.

По просьбе заказчика двигатели могут быть изготовлены с двумя концами вала.

Передаваемая мощность для второго конца вала – по запросу.

Насаживаемые на вал элементы привода (шкив, муфта) необходимо отбалансировать с учетом балансировки ротора двигателя.

Напряжение и частота

В основном исполнении двигатели выполняются для напряжения и частоты:

220/380 V	/Y	50 Гц
230/400 V	/Y	50 Гц
380/660 V	/Y	50 Гц
400/690 V	/Y	50 Гц
380 V	Y	50 Гц
660 V	Y	50 Гц
440 V		60 Гц
460 V		60 Гц

По просьбе заказчика двигатели изготавливаются на другие стандартные напряжения.

Двигатели могут работать без изменения номинальной мощности при колебаниях напряжения сети до 5% от номинального значения.

По просьбе заказчика двигатели изготавливаются для использования при колебаниях напряжения сети до 10%. При этом предельная температура обмотки может быть увеличена до 10 градусов.

Мощность

Номинальная мощность обеспечивается в длительном режиме работы при температуре 40 С и высоте над уровнем моря не более 1000 м, при номинальном значении напряжения и частоты.

Окружающая температура

Двигатели основного исполнения предназначены для эксплуатации при температуре от - 35 С до 40 С.

Перегрузки

В соответствии с ГОСТ 28173 (DIN VDE 0530) при номинальном напряжении и частоте двигателя допускают следующие перегрузки:

1.5 номинального тока в течении 2 минут

1.6 номинального момента в течении 15 секунд.

Коэффициент полезного действия и коэффициент мощности

Коэффициент полезного действия и коэффициент мощности указаны в нижеприведённых таблицах.

Защита электродвигателя

По просьбе заказчика двигатели поставляются со встроенной температурной защитой .

Комплектный привод

Двигатели могут работать в режиме частотного регулирования.

Потребитель может заказать у нас комплектный привод , который может быть укомплектован преобразователями серии Uni фирмы Control Techniques .
Технические данные преобразователей указаны в нижеприведённых таблицах .

Примечание

Вся техническая информация, номенклатура, габаритные размеры и вес, установленные в каталоге могут быть изменены без уведомления.

В скобках указаны стандарты при поставке двигателей на экспорт.