

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ
ДЕПАРТАМЕНТ НАУЧНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОЛИТИКИ И ОБРАЗОВАНИЯ
ФГБОУ ВО КОСТРОМСКАЯ ГСХА

Кафедра электропривода и электротехнологии

ЭЛЕКТРОПРИВОД

Методические рекомендации
по выполнению расчетно-графической работы
для студентов направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия»,
профиль «Электрооборудование и электротехнологии»
очной формы обучения

КАРАВАЕВО
Костромская ГСХА
2015

УДК 621.34
ББК 31.291
Э 45

Составитель: к.э.н., доцент кафедры электропривода и электротехнологий Костромской ГСХА *А.А. Васильков.*

Рецензент: д.т.н., профессор кафедры электроснабжения Костромской ГСХА *Н.М. Попов.*

Рекомендовано к изданию методической комиссией факультета электрификации и автоматизации сельского хозяйства, протокол № 12 от 14 декабря 2015 года.

Э 45 **Электропривод** : методические рекомендации по выполнению расчетно-графической работы для студентов направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия», профиль «Электрооборудование и электротехнологии» очной формы обучения / сост. А.А. Васильков. — Караваево : Костромская ГСХА, 2015. — 16 с.

В издании представлены методики по расчету и выбору электродвигателей по мощности, а также задания по вариантам.

Методические рекомендации по выполнению расчетно-графической работы для студентов направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия», профиль «Электрооборудование и электротехнологии» очной формы обучения.

УДК 621.34
ББК 31.291

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
ЗАДАНИЕ № 1 Расчёт и выбор номинальной мощности электродвигателей при продолжительном режиме работы с переменной нагрузкой методом максимального нагрева	5
ЗАДАНИЕ № 2 Расчёт и выбор номинальной мощности электродвигателей при переменной нагрузке методом средних потерь.	10
ЗАДАНИЕ № 3 Расчет и выбор номинальной мощности электродвигателей при переменной нагрузке методом эквивалентных величин ...	13
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	16

ВВЕДЕНИЕ

Методические рекомендации подготовлено в соответствии с Государственным образовательным стандартом и примерной программой дисциплины «Электропривод» и предназначено для студентов направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» профиль «Электрооборудование и электротехнологии» очной формы обучения.

Рекомендации предназначено для закрепления теоретического и практического материала дисциплины студентами очной формы обучения. Он содержит краткие методические советы по выполнению методические рекомендации по выполнению расчетно - графической работы, основные формулы для расчётов.

Для систематизации и проверки полученных знаний следует самостоятельно проанализировать результаты выполненных заданий и ответить на поставленные вопросы. С этой целью каждый задание практикума сопровождается контрольными вопросами.

Целью данной расчетно - графической работы является закрепление и систематизация знаний по дисциплине электроприводу, развитие навыков самостоятельной работы с использованием специальной технической литературы.

ЗАДАНИЕ № 1

Расчёт и выбор номинальной мощности электродвигателей при продолжительном режиме работы с переменной нагрузкой методом максимального нагрева

Задание: Освоение методики расчета и выбора номинальной мощности электродвигателей при продолжительном режиме работы с переменной нагрузкой методом максимального нагрева.

Программа :

1. В соответствии с выданным вариантом, по числовым данным нагрузочной диаграммы построить график ($P = f(t)$).

2. Определить расчетную мощность электродвигателя и выбрать из каталога двигатель серии АИР (4А).

3. По каталожным данным выбранного двигателя определить теплоотдачу и постоянную времени нагрева.

4. Используя уравнение нагрева, для выбранного двигателя, определить наибольшее превышение температуры и сравнить его с номинальным.

5. Построить график превышения температуры двигателя в продолжительном режиме с переменной нагрузкой, совместив его с графиком нагрузки для первых двух циклов и крайнего цикла в расчете.

Основные теоретические сведения

Основным требованием, предъявляемым рабочими механизмами к приводным двигателям, является обеспечение заданной производительности механизма при надлежащей надежности и экономичности их работы. Это требование может быть удовлетворено лишь при условии выбора двигателя соответствующей мощности. Выбранный двигатель при прочих равных условиях должен иметь наименьшую стоимость при лучшем К.П.Д. [1]

Выбор мощности двигателя для продолжительного режима работы с переменной нагрузкой представляет собой более сложную задачу по сравнению с выбором мощности двигателя для продолжительного режима работы с постоянной нагрузкой. [2]

Нагрузка во время работы по ряду факторов, технологического процесса, может иметь значительные колебания, и если выбрать мощность двигателя по максимальному значению, то двигатель в тепловом отношении будет недогружен. Наоборот, выбор мощности двигателя по минимальному значению нагрузки приведет к перегреву. Оба подхода не могут являться оптимальным решением поставленной задачи.

Выбор мощности двигателя по среднему значению нагрузки допустим только тогда, когда колебания нагрузки невелики. В противном случае двигатель может перегреться, так как среднее значение мощности

по нагрузочной диаграмме не учитывает квадратичной зависимости потерь в двигателе от тока, протекающего в обмотках.

Долговечность изоляции обмотки зависит от ее температуры. Поэтому при переменной нагрузке мощность двигателя следует выбирать так, чтобы в момент максимальных потерь температура изоляции обмоток не превышала допустимой. [2]

Однако, чтобы рассчитать максимальное превышение температуры в момент максимума графика нагрузки исполнительного механизма, надо иметь в виду конкретный двигатель, т. е. знать его параметры. Поэтому для продолжительного режима переменной нагрузки сначала ориентировочно выбирают мощность двигателя по среднему значению нагрузочной диаграммы исполнительного механизма, умножив его на коэффициент 1,2—1,3. Данный коэффициент приближенно учитывает превышение мощности двигателя над средней мощностью нагрузки. [2]

$$P_p = (1,1 \dots 1,3)P_{cp} , \quad (1.1)$$

где P_p – расчётная мощность электродвигателя, *Вт*.

P_{cp} – средняя мощность нагрузки за цикл работы, *Вт*.

$$P_{cp} = \frac{\sum P_i t_i}{\sum t_i} , \quad (1.2)$$

где P_i – мощность нагрузки на i участке работы, *Вт*;

t_i – время работы на i участке, *с*.

Затем по каталогу находят параметры двигателя, предварительно выбранного по мощности.

Пользуясь теорией нагрева, по нагрузочной диаграмме электродвигателя определяют, какова будет его температура в момент максимальной нагрузки по формуле:

$$\tau_i = \tau_{уст.i} \left(1 - e^{-\frac{t_i}{T}} \right) + \tau_{(i-1)} e^{-\frac{t_i}{T}} , \quad (1.3)$$

где $\tau_{(i-1)}$ – превышение температуры двигателя в конце предыдущего участка по графику нагрузки, $^{\circ}C$.

T – постоянная времени нагрева электродвигателя, определяемая, как, *с*:

$$T = \frac{C}{A} , \quad (1.4)$$

где C – теплоемкость двигателя, *Дж/(кг·град)*:

$$C = c_o \cdot m , \quad (1.5)$$

где c_o – удельная теплоемкость, берется по стали, $c_o = 500$ *Дж/(кг·град)*;
 m – масса двигателя, *кг*.

Теоретически согласно уравнениям (1.3) превышение температуры достигает установившегося значения при работе двигателя в течение времени $t = \infty$. Практически можно считать, что температура достигает установившегося значения при нагреве за время:

$$t = (4 \dots 5) \cdot T , \quad (1.6)$$

где t – время достижения установившегося значения температуры, *с*.

Для правильно выбранного электродвигателя в последнем цикле расчетов должно соблюдаться условие:

$$\tau_{max} \leq \tau_n, \quad (1.7)$$

где τ_{max} – максимальное превышение температуры электродвигателя в последнем расчетном цикле, $^{\circ}C$.

В случае значительного отклонения температуры двигателя от допустимой, берут двигатель на ступень мощности больше или меньше и заново проводят расчеты. Таким образом, пользуясь данным методом, можно определить действительную мощность двигателя, отвечающую режиму заданной нагрузки и допустимому нагреву.

Порядок выполнения задания

1. В соответствии с выданным вариантом (таблица 1.1), по числовым данным строится нагрузочная диаграмма ($P = f(t)$) для одного цикла работы. При построении графика нагрузки на каждом участке времени мощность принимается постоянной, указанной для соответствующего номера индекса.
2. По числовым данным графика нагрузки, определяют среднюю мощность по формуле (1.2):

$$P_{cp} = \frac{\sum P_i t_i}{\sum t_i}$$

3. Определяем расчетную мощность по выражению (1.1):

$$P_p = (1,1 \dots 1,3)P_{cp}$$

Таблица 1.1 Данные для построения графика нагрузки

Вариант	t_1, c	t_2, c	t_3, c	t_4, c	t_5, c	t_6, c	t_7, c
	P_1, Bm	P_2, Bm	P_3, Bm	P_4, Bm	P_5, Bm	P_6, Bm	P_7, Bm
1	2920	2920	7301	973	5841	5841	1947
2	4381	7788	4867	2433	6328	6328	5841
3	1947	1947	12169	1947	12169	12169	1947
4	7301	3894	7301	1460	973	2433	973
5	141303	19471	19471	2433	5840	2920	2433
6	8275	8275	11196	2920	6815	3894	11196
7	1460	973	5841	3894	5841	1947	12656
8	5841	9249	6815	3407	4867	973	13630
9	1947	1947	1947	1947	6328	2320	13143
10	3894	6815	4867	2433	973	4867	12169
11	3407	3894	5841	4381	2433	12169	11196
12	2920	4381	6328	4867	3894	19471	11682
13	7301	3894	4867	2433	1947	14603	10222
14	1947	4867	7301	973	3407	12169	9735
15	5841	7301	6815	11196	2433	12656	5841

4. Исходя из условия по каталожным и паспортным данным, предварительно, выбираем двигатель:

$$P_H \geq P_p \quad (1.8)$$

где P_H – номинальная мощность электродвигателя, *Вт*.

5. Для выбранного двигателя рассчитываются номинальные потери и потери для каждого участка графика нагрузки:

$$\Delta P_H = P_H \cdot \frac{1-\eta_H}{\eta_H}, \quad (1.9)$$

где ΔP_H – номинальные потери и потери электродвигателя, *Вт*;

η_H – номинальный К.П.Д. электродвигателя, *о.е.*

$$\Delta P_i = \frac{P_i(\alpha+x_i^2)}{(\alpha+1)}, \quad (1.10)$$

где ΔP_i – потери мощности на *i* участке работы электродвигателя, *Вт*;

α – коэффициент потерь, для асинхронных двигателей принимается равным $\alpha = 0,5 \dots 0,7$;

x_i – коэффициент загрузки на *i* участке работы электродвигателя, *о.е.*:

$$x_i = \frac{P_i}{P_H}, \quad (1.11)$$

6. Для каждого участка графика нагрузки определяется установившееся превышение температуры:

$$\tau_{уст.i} = \frac{\Delta P_i}{A}, \quad (1.12)$$

где A – теплоотдача электродвигателя, формуле, *Вт/м² · °С*:

$$A = \frac{\Delta P_H}{\tau_H}, \quad (1.13)$$

где τ_H – номинальное превышение температуры для класса изоляции выбранного двигателя, принимаем из таблицы 1.2, *°С*.

Таблица 1.2 Нагревостойкость изоляционных материалов

Класс изоляции по нагревостойкости	А	Е	В	F	Н	С
Предельно допустимая температура, °С	105	120	130	155	180	>180
Номинальное превышение температуры, τ_H °С	65	80	90	115	140	>140

Изоляция двигателей серии 4А и АИ по классам нагревостойкости (ГОСТ 8865-70) выполняется: с высотами оси вращения 56...63 мм - класса Е; 71...132 мм - класса В; 160... 355 мм – класса F.

7. Определяем время и количество циклов когда можно считать, что температура достигает установившегося значения при нагреве за время (1.7):

$$t = (4 \dots 5) \cdot T$$

где t – время достижения установившегося значения температуры, *с*.

Находим количество циклов работы электродвигателя:

$$Z = t/t_{\text{ц}} , \quad (1.14)$$

где $t_{\text{ц}} = \sum t_i$ – время цикла работы электродвигателя, с.

8. Выполняя расчеты последовательно, в конце каждого участка графика нагрузки определяется превышение температуры по формуле (1.3):

$$\tau_i = \tau_{\text{уст.}i} \left(1 - e^{-\frac{t_i}{T}} \right) + \tau_{(i-1)} e^{-\frac{t_i}{T}}$$

Для правильно выбранного электродвигателя в последнем цикле расчетов должно соблюдаться условие (1.7) :

$$\tau_{\text{max}} \leq \tau_{\text{н}}$$

Отчет должен содержать:

1. График нагрузки с указанием отрезков времени и мощности на участках.

2. Формулы и расчеты для определения расчетной мощности, потерь номинальных и на участках графика нагрузки, установившегося превышения температуры на участках и максимального превышения температуры. Данные расчетов свести в таблицу.

3. Используя уравнение нагрева, для выбранного двигателя, определить наибольшее превышение температуры и сравнить его с номинальным выбранного электродвигателя и сделать выводы.

4. Построить график превышения температуры двигателя в продолжительном режиме с переменной нагрузкой, совместив его с графиком нагрузки для первых двух циклов и крайнего цикла в расчете.

Контрольные вопросы:

1. Постоянная времени нагрева и способы ее определения.
2. Нагрев и охлаждение электродвигателей. Понятие установившегося, допустимого и номинального превышения температуры.
3. Влияние температуры окружающей среды и конструктивных параметров на допустимую мощность электродвигателей.
4. Зависимость установившегося превышения температуры от нагрузки.
5. Чему практически равно время нагрева двигателя от начального до установившегося значения превышения температуры?
6. Каким уравнением описывается процесс нагрева электродвигателя?

ЗАДАНИЕ № 2

Расчёт и выбор номинальной мощности электродвигателей при переменной нагрузке методом средних потерь

Задание : Ознакомиться с методикой расчета и выбора номинальной мощности электродвигателей при продолжительной переменной нагрузке методом средних потерь.

Программа :

1. В соответствии с выданным вариантом, по числовым данным нагрузочной диаграммы построить график ($P = f(t)$).
2. Определить расчетную мощность электродвигателя и выбрать из каталога двигатель серии АИР (4А).
3. По каталожным данным, выбранного двигателя, вычислить средние потери мощности двигателя и сравнить их с номинальными.
4. Проверить выбранный электродвигатель по условиям запуска, если $M_c = M_n$, а $\Delta U = 15\%$.
5. Используя уравнение нагрева, для выбранного двигателя, рассчитать установившееся превышение температуры и сравнить их с номинальными.

Основные теоретические сведения

Правильный выбор мощности электродвигателя предполагает выбор электродвигателя с такой номинальной мощностью, который при продолжительной работе с данной нагрузкой нагревался бы до близкой к допустимой температуры. Т.к. установившееся превышение температуры пропорционально потерям мощности, то суть метода заключается в сравнении средних потерь за весь цикл работы ориентировочно выбранного двигателя и номинальных потерь этого двигателя. Двигатель считается выбранным правильно, если средние потери в нем близки к номинальным, но не превышают их. [3]

Порядок выполнения задания

1. В соответствии с выданным вариантом, по числовым данным нагрузочной диаграммы (таблицы 2.1) строится график нагрузки $P = f(t)$. При построении графика нагрузки на каждом участке времени мощность принимается постоянной, указанной для соответствующего номера индекса.

2. По числовым данным графика нагрузки, определяют среднюю мощность по формуле (1.2):

$$P_{\text{cp}} = \frac{\sum P_i t_i}{\sum t_i}$$

Таблица 2.1 Данные для построения графика нагрузки

Вариант	P1 /t1 кВт/с	P2 /t2 кВт/с	P3 /t3 кВт/с	P4 /t4 кВт/с	P5 /t5 кВт/с	P6 /t6 кВт/с	P7 /t7 кВт/с
1	2,9/20	2,9/40	7,3/50	1,0/30	5,8/40	5,8/50	1,9/30
2	4,4/40	7,8/20	4,8/40	2,4/30	6,3/10	6,3/50	5,8/20
3	1,9/30	1,9/40	12,2/10	1,9/40	12,2/50	12,2/30	1,9/20
4	7,3/50	3,9/30	7,3/20	1,4/40	1,0/50	2,4/30	1,0/20
5	14,6/10	19,5/20	19,5/40	2,4/50	5,8/50	2,9/30	2,4/30
6	8,2/30	8,2/40	11,2/50	2,9/30	6,8/20	4,0/50	11,1/40
7	1,5/20	1,0/30	5,8/40	3,9/50	5,8/10	1,9/30	12,6/20
8	5,8/50	9,2/40	6,8/30	3,4/20	4,8/10	1,0/40	13,6/30
9	1,9/30	1,9/30	2,2/45	2,9/55	6,3/20	2,9/50	13,1/40
10	3,9/50	6,8/20	4,8/15	2,4/30	1,0/50	4,8/20	12,2/20
11	3,4/20	3,9/30	5,8/40	4,4/50	2,4/20	12,1/30	11,1/10
12	2,9/10	4,4/20	6,3/30	4,8/40	3,9/50	19,5/20	11,6/20
13	7,3/50	3,9/40	4,8/30	2,4/20	1,9/10	14,6/10	10,2/30
14	1,9/30	4,8/20	7,3/50	1,0/40	3,4/10	12,2/20	9,8/40
15	5,8/50	7,3/40	6,8/30	11,1/20	2,4/30	12,6/40	5,8/20

3. Определяем расчетную мощность электродвигателя по выражению (1.1):

$$P_p = (1,1 \dots 1,3)P_{cp}$$

где P_p – расчётная мощность электродвигателя, *Вт*.

4. Исходя из условия (1.8) по каталожным и паспортным данным, предварительно, выбираем двигатель:

$$P_H \geq P_p$$

5. Для выбранного двигателя рассчитываются номинальные потери (1.9) и потери для каждого участка (1.10) графика нагрузки:

$$\Delta P_H = P_H \cdot \frac{1 - \eta_H}{\eta_H}$$

$$\Delta P_i = \frac{P_i(\alpha + x_i^2)}{(\alpha + 1)}$$

6. Средние потери в электродвигателе определяются как:

$$\Delta P_{cp} = \frac{\sum \Delta P_i t_i}{\sum t_i}, \quad (2.1)$$

где ΔP_{cp} – средние потери мощности за цикл работы электродвигателя, *Вт*.

7. Для правильно выбранного электродвигателя в должно соблюдаться условие:

$$\Delta P_H \geq \Delta P_{cp}, \quad (2.2)$$

Если условие (2.8) выполняется то, двигатель выбран верно и его нагрев не будет превышать допустимой величины. Если же средние потери будут значительно меньше номинальных, следует взять двигатель меньшей мощности. Если средние потери окажутся больше номинальных,

необходимо выбрать двигатель большей мощности. И в том и в другом случаях двигатели вновь проверяются по средним потерям мощности. [3]

8. Проверка по условиям запуска осуществляется по выражению:

$$k_u^2 M_{\Pi} \geq M_c + 0,25 M_H, \quad (2.3)$$

где M_c – момент сопротивления рабочей машины при трогании принимаем - $M_c = M_H$, $Hм$;

k_u – коэффициент снижения напряжения, *о.е.*:

$$k_u = 1 - \frac{\Delta U\%}{100}, \quad (2.4)$$

где $U\%$ – момент сопротивления рабочей машины при трогании, принимаем - $\Delta U = 15, \%$.

Если условие (2.3) не выполняется, выбираем следующий двигатель по номиналу и проверяем на запуск вновь.

9. Для окончательно выбранного двигателя находим установившееся превышение температуры:

$$\tau_{уст} = \frac{P_H(\alpha + x_3^2)}{(\alpha + 1)}, \quad (2.5)$$

где x_3 – эквивалентный коэффициент загрузки, *о.е.*:

$$x_3 = \sqrt{\frac{\sum x_i^2 t_i}{\sum t_i}}, \quad (2.6)$$

Отчет должен содержать:

1. График нагрузки с нанесением средней мощности нагрузки и номинальной мощности двигателя, потерь на участках и средних потерь.

2. Расчетные формулы и расчеты средней и расчётной мощности, номинальных потерь, потерь мощности на участках и средних потерь.

3. Каталожные данные выбранного двигателя.

4. Расчеты проверки по условию запуска электродвигателя.

5. Заключение о нагреве выбранного двигателя.

Контрольные вопросы

1. Классификация нагрузочных диаграмм и режимов работы электродвигателей по ГОСТ 183-66.

2. Как вычислить средние потери?

3. Почему нельзя выбирать номинальную мощность электродвигателя по средней мощности нагрузки?

4. Порядок выбора номинальной мощности электродвигателей при продолжительном режиме работы методом средних потерь.

5. Какое должно быть соотношение средних и номинальных потерь двигателя, если его номинальная мощность выбрана правильно?

6. Условиям проверки запуска электродвигателя?

ЗАДАНИЕ № 3

Расчет и выбор номинальной мощности электродвигателей при переменной нагрузке методом эквивалентных величин

Задание : Ознакомление с методикой расчета номинальной мощности электродвигателей методом эквивалентных тока, мощности и момента при переменной нагрузке.

Программа :

1. В соответствии с выданным вариантом, по числовым данным нагрузочной диаграммы построить графики ($I = f(t)$, $M = f(t)$, $P = f(t)$).
2. Определить расчетную мощность электродвигателя используя методы эквивалентных величин (тока момента и мощности) и выбрать из каталога двигателя серии АИР (4А).
3. Выбранные двигатели проверить по условию запуска.

Основные теоретические сведения

Все методы расчета номинальной мощности электродвигателей основаны на том, что переменные потери в двигателе пропорциональны квадрату нагрузки.

Расчеты мощности электродвигателей с применением методов максимального нагрева и средних потерь, хотя и дают хорошие результаты по точности, но их использование сопряжено с достаточно сложными и громоздкими вычислениями. Наиболее приемлемым для инженерных расчетов является метод эквивалентных величин. Если график нагрузки задан как функция мощности, тока или момента от времени, то вычисляются соответственно эквивалентные величины мощности, тока или момента. Эквивалентные величины вычисляются как среднеквадратичные. По эквивалентному току и моменту в свою очередь определяется эквивалентная мощность. По эквивалентной мощности выбирается; номинальная мощность электродвигателя. [3]

Эквивалентной называется такая постоянная мощность нагрузки, при работе с которой двигатель нагревается также как и при работе с переменной нагрузкой данного графика. [3]

Порядок выполнения задания

В соответствии с выданным вариантом, по числовым данным нагрузочной диаграммы (таблица 3.1) строятся графики нагрузки ($I = f(t)$, $M = f(t)$, $P = f(t)$). При построении графиков нагрузки на каждом участке времени мощность принимается постоянной, указанной для соответствующего номера индекса.

Таблица 3.1 Данные для расчета номинальной мощности электродвигателей

Вариант	t_1, c	t_2, c	t_3, c	t_4, c	t_5, c	t_6, c	$\Delta U, \%$
	20	10	30	30	40	10	
	$I_1; P_1; M_1$ $A; кВт; Нм$	$I_2; P_2; M_2$ $A; кВт; Нм$	$I_3; P_3; M_3$ $A; кВт; Нм$	$I_4; P_4; M_4$ $A; кВт; Нм$	$I_5; P_5; M_5$ $A; кВт; Нм$	$I_6; P_6; M_6$ $A; кВт; Нм$	
1	6; 2; 14	15; 7; 40	2; 0,9; 7	12; 5,8; 42	1,2; 5,8; 42	4; 5,8; 42	10
2	16; 7; 50	10; 4; 28	5; 2; 28	13; 6; 45	13; 6; 45	12; 5; 35	12
3	4; 2; 14	25; 12; 90	4; 2; 14	25; 12; 90	25; 12; 90	4; 2; 14	14
4	8; 4; 28	15; 8; 56	3; 2; 14	2; 1; 7	5; 3; 22	2; 1; 7	16
5	40; 20; 140	40; 20; 140	5; 3; 22	12; 6; 45	6; 3; 22	5; 1; 7	18
6	17; 8; 56	23; 12; 90	6; 3; 22	14; 8; 56	8; 4; 28	23; 12; 90	20
7	2; 1; 7	12; 6; 45	8; 4; 28	12; 6; 45	4; 2; 14	26; 14; 105	22
8	19; 9; 63	14; 7; 50	7; 4; 28	10; 5; 35	2; 1; 7	28; 14; 105	24
9	4; 2; 14	40; 20; 140	4; 2; 14	13; 7; 50	6; 3; 22	4; 2; 14	26
10	14; 7; 50	10; 5; 35	5; 3; 22	2; 1; 7	10; 5; 35	25; 13; 98	28
11	8; 4; 28	12; 6; 45	9; 5; 35	5; 3; 22	25; 13; 98	23; 12; 90	30
12	9; 4; 28	13; 7; 50	10; 5; 35	8; 4; 28	0; 20; 140	24; 12; 90	13
13	8; 4; 28	10; 5; 35	5; 3; 22	4; 2; 14	30; 15; 112	21; 12; 90	15
14	10; 5; 35	15; 15; 112	2; 1; 7	7; 4; 28	25; 13; 98	20; 11; 77	17
15	12; 6; 45	15; 8; 56	14; 7; 50	23; 12; 90	5; 3; 22	26; 13; 98	19

1.1 Метод эквивалентной мощности. Если график нагрузки задан как $P=f(t)$, вычисляется эквивалентная мощность по (3.1):

$$P_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\frac{\sum P_i^2 t_i}{\sum t_i}}, \quad (3.1)$$

где P_i – мощность на i -ом участке графика нагрузки, Вт.

1.2 Номинальная мощность электродвигателя выбирается по условию:

$$P_H \geq P_{\text{ЭКВ}}, \quad (3.2)$$

1.3 Проверка по условиям запуска осуществляется по формуле (2.3):

$$k_u^2 M_H \geq M_C + 0,25 M_H$$

2.1 Метод эквивалентного тока. Если график нагрузки задается функцией $I=f(t)$, определяется эквивалентный ток по (3.1):

$$I_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\frac{\sum I_i^2 t_i}{\sum t_i}}, \quad (3.3)$$

где I_i – ток на i -ом участке графика нагрузки, А.

2.2 Определяем эквивалентная мощность по формуле:

$$P_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{ср}} \cdot I_{\text{ЭКВ}} \cdot \cos \varphi \cdot \eta, \quad (3.5)$$

где $\cos \varphi, \eta$ – коэффициенты мощности и полезного действия электродвигателя для расчета принимаются средними значениями и равными 0,86 каждый.

2.3 Номинальная мощность электродвигателя выбирается по условию (3.4) :

$$P_H \geq P_{\text{ЭКВ}}$$

2.4 Проверка по условиям запуска осуществляется по формуле (2.3):

$$k_u^2 M_{\text{п}} \geq M_c + 0,25 M_H$$

3.1 Метод эквивалентного момента. В том случае, когда график нагрузки задается функцией $M=f(t)$, эквивалентный момент определяется по формуле:

$$M_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\frac{\sum M_i^2 t_i}{\sum t_i}}, \quad (3.6)$$

где M_i – момент на i -ом участке графика нагрузки, $Hм$.

3.2 Эквивалентная мощность определяется из выражения:

$$P_{\text{ЭКВ}} = M_{\text{ЭКВ}} \cdot \omega_o, \quad (3.7)$$

где ω_o – синхронная угловая скорость электродвигателя, рад/с.

3.3 Номинальная мощность электродвигателя выбирается по условию (3.4) :

$$P_H \geq P_{\text{ЭКВ}}$$

3.4 Проверка по условиям запуска осуществляется по формуле (2.3):

$$k_u^2 M_{\text{п}} \geq M_c + 0,25 M_H$$

Отчет должен содержать:

1. Графики нагрузки, выраженные, как функции I , P и $M=f(t)$.
2. Соответствующие формулы и вычисления выборѐ номинальной мощности двигателей по каждому методу эквивалентных величин (I , M , P).
3. Каталожные данные выбранного двигателя.
4. Расчеты проверки электродвигателей по условию запуска.

Контрольные вопросы

1. Что такое эквивалентная величина?
2. Как определить эквивалентную мощность двигателя по графикам I , P и $M=f(t)$?
3. Как выбирается номинальная мощность электродвигателя при продолжительном режиме работы методом эквивалентных величин?
4. Какие преимущества расчета номинальной мощности электродвигателей методом эквивалентных величин по сравнению с методами максимального нагрева и средних потерь?

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Голован, А.Т. Основы электропривода [Текст] / учеб. пособие для вузов / А. Т. Голован. - М — Л : Госэнергоиз-дат, 1959. - 344 с.: ил. - (Учебные пособия для учебных заведений)
2. Басов, А.М. Основы электропривода и автоматическое управление электроприводом в сельском хозяйстве [Текст] / учеб. пособие для вузов / А. М. Басов, А. Т. Шаповалов, С. А. Кожевников. - М : Колос, 1972. - 344 с.: ил. - (Учебники и учебные пособия для вузов)
3. Симоненко, А.С. Сборник заданий для самостоятельного выполнения расчетно-графических работ студентами специальности 311400 «Электрификация технологических процессов» очной формы обучения [Текст] / Учебно-практическое издание / А.С. Симоненко — Кострома: КГСХА, 2005. — 26 с.
4. Симоненко, А.С. Основы электропривода [Текст] / учебное пособие для студентов специальности 110302 «Электрификация и автоматизация сельского хозяйства» очной и заочной форм обучения / А.С. Симоненко - 2-е изд., стереотип. - Кострома : КГСХА, 2010. - 182 с. (Учебник и учебное пособие для вузов)
5. Кадмин, Н.Е. Основы электропривода [Текст]/учебное пособие для студентов высших сельскохозяйственных учебных заведений / Н.Е. Кадмин. – М. : ФГПУ ВПО МГАУ, 2007. – 217с. (Учебник и учебное пособие для вузов) – ISBN 978–5–86785–207–8

Для заметок

Учебно-методическое издание

Электропривод : методические рекомендации по выполнению расчетно-графической работы для студентов направления подготовки 35.03.06 «Агроинженерия», профиль «Электрооборудование и электротехнологии» очной формы обучения / сост. А.А. Васильков. — Караваево : Костромская ГСХА, 2015. — 23 с.

Методические рекомендации издаются в авторской редакции.

© Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Костромская государственная сельскохозяйственная академия" 156530, Костромская обл., Костромской район, пос. Караваево, уч. городок, д. 34, КГСХА

Компьютерный набор. Подписано в печать 18/12/2015.
Заказ №1272. Формат 84х60/16. Тираж 80 экз. Усл.
печ. л. 1,44. Бумага офсетная. Отпечатано 30/12/2015.
Цена 15,00 руб.

Отпечатано с готовых оригинал-макетов в академической типографии на цифровом дубликаторе.
Качество соответствует предоставленным оригиналам.
вид издания: авторская редакция (электронная версия)
(редакция от 17.12.2015 № 1239 тит)

Цена 15,00 руб.



2015*1272