

АНАЛИЗ ЗНАЧЕНИЙ ПОТРЕБЛЯЕМОЙ МОЩНОСТИ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Уринов Нодир Насиллоевич.

Докторант. Бухарского инженерно-технологического
института Республика Узбекистан, г. Бухара

Аннотация

В статье представлены анализ электрического параметра электродвигателя- значений потребляемой мощности при реализации машиностроительных технологических процессов и алгоритм автоматического управления.

Ключевые слова: технологический процесс, энергопотребление, компенсационный ток, алгоритм автоматизированного управления, энергоэффективность, энергоёмкость, активное и индуктивное сопротивление, Г-образная схема, мощность электродвигателя.

Annatation

The article presents the analysis of the electric parameter of the electric motor-the values of power consumption in the implementation of machine-building technological processes and the algorithm of automatic control.

Keywords: technological process, energy consumption, compensation current, automated control algorithm, energy efficiency, energy intensity, active and inductive resistance, L-shaped circuit, electric motor power

Annatatsiya

Maqolada elektr motorining elektr parametri - mashinasozlik texnologik jarayonlarini amalga oshirishda quvvat sarfi qiymatlari va avtomatik boshqaruv algoritmi tahlili keltirilgan.

Kalit so'zlar: texnologik jarayon, energiya sarfi, kompensatsiya toki, avtomatlashtirilgan boshqaruv algoritmi, energiya samaradorligi, energiya intensivligi, faol va induktiv qarshilik, L shaklidagi sxema, elektr dvigatel quvvati.

Задача повышения энергоэффективности актуальна в основном для энергоёмких отраслей промышленности. Проведем анализ электрических параметров электродвигателя, в первую очередь значений потребляемой мощности при реализации машиностроительных технологических процессов машиностроительного производства, потребляемых при этом токов и коэффициентов мощности на Г-образной схеме замещения для одной фазы электродвигателя (рис. 1), учитывающей электромагнитные процессы, происходящие в двигателе (x_0, x_1, x_2'), тепловые процессы в сердечнике и его обмотках (r_0, r_1, r_2') и нагрузку на его валу (S)[2].

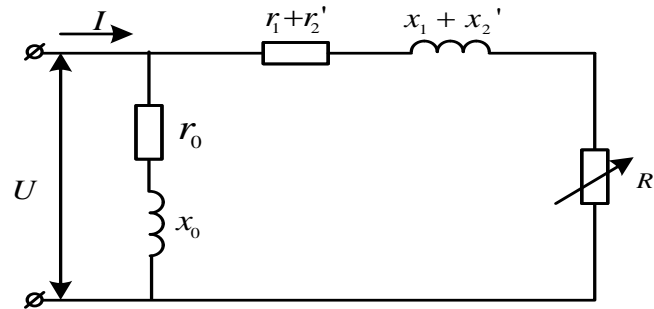


Рисунок 1. Г-образная схема замещения асинхронного электродвигателя.

где: $R' = r_2' \cdot (1-s)/s$, $s = (n_0 - n)/n_0$ – скольжение, $n_0 = 60 \cdot f/p$ – синхронная скорость, f – частота питающего напряжения, p – число пар полюсов, n – скорость вращения двигателя, U – фазное напряжение, I – фазный ток.

Для моделирования процесса определим активное и индуктивное сопротивление контура намагничивания асинхронного двигателя.

$$q_0 = \frac{r_0}{r_0^2 + x_0^2} ; \quad b_0 = \frac{x_0}{r_0^2 + x_0^2}.$$

Далее определим суммарное активное сопротивление фазы статора и приведенное к статорной обмотке сопротивление ротора, а также суммарное индуктивное фазное сопротивление обмотки статора и приведенное к статорной обмотке индуктивное сопротивление ротора.

$$q_1 = \frac{r_1 + r_2' + R'}{(r_1 + r_2' + R')^2 + (x_1 + x_2')^2} ; \quad b_1 = \frac{x_1 + x_2'}{(r_1 + r_2' + R')^2 + (x_1 + x_2')^2}.$$

После это определим суммарные активные и индуктивные сопротивления Г-образной схемы замещения асинхронного двигателя.

$$q_\Sigma = q_0 + q_1 = \frac{r_0}{r_0^2 + x_0^2} + \frac{x_1 + x_2'}{(r_1 + r_2' + R')^2 + (x_1 + x_2')^2},$$

$$b_\Sigma = b_0 + b_1 = \frac{x_0}{r_0^2 + x_0^2} + \frac{x_1 + x_2'}{(r_1 + r_2' + R')^2 + (x_1 + x_2')^2}.$$

После этого -эквивалентные значения активного и реактивного сопротивления этой схемы, определяемые следующими зависимостями.

$$R_3 = \frac{q_\Sigma}{q_\Sigma^2 + b_\Sigma^2}, \quad X_3 = \frac{b_\Sigma}{q_\Sigma^2 + b_\Sigma^2}.$$

После преобразования были получены значения эквивалентных активного (R_3) и реактивного (X_3) сопротивлений этой схемы.

$$R_3 = \frac{r_0[(r_1 + r_2' + R')^2 + (x_1 + x_2')^2] + (r_1 + r_2' + R')(r_0^2 + x_0^2)}{(r_1 + r_2' + R')^2 + (x_1 + x_2')^2 + r_0^2 + x_0^2 + 2r_0(r_1 + r_2' + R') + 4x_0x_1},$$

$$X_3 = \frac{x_0[(r_1 + r_2' + R')^2 + (x_1 + x_2')^2] + 2x_0(r_0^2 + x_0^2)}{(r_1 + r_2' + R')^2 + (x_1 + x_2')^2 + r_0^2 + x_0^2 + 2r_0(r_1 + r_2' + R') + 4x_0x_1}.$$

Далее исходя из упрощенных зависимостей значений параметров энергопотребления, которые приведены ниже, можно провести анализ воздействия уменьшения нагрузки на эти параметры [1].

$$I = \frac{U}{\sqrt{R_3^2 + X_3^2}} ; \quad \cos\varphi = \frac{R_3}{\sqrt{R_3^2 + X_3^2}} ; \quad S = \sqrt{3} \times I \times U ; \quad P = \sqrt{3} \times I \times U \times \cos\varphi.$$

Эти значения позволили проанализировать электрические параметры электродвигателя, при допущении, что рабочий участок механической характеристики принимался прямолинейным. Анализ проводился посредством программы Mathcad и показал, что при снижении нагрузки относительно номинальной нагрузки в 2 раза при общем уменьшении потребляемого для реализации технологического процесса тока с 20,20А до 12,17А его превышение относительно требуемого значения составило 23% (превышение при номинальной нагрузке составило 13%). При этом энергоёмкость технологического процесса увеличилась на 29%. Таким образом, при общем уменьшении токов, потребляемых для реализации технологических процессов, относительно номинальных значений энергоёмкость технологических процессов увеличивается, т.к. увеличивается относительная величина реактивной составляющей этих токов. Для построения алгоритма функционирования автоматизированной системы управления энергосбережением в качестве параметра управления был выбран коэффициент мощности. Для определения значений коэффициента мощности необходимо определять значения потребляемого тока и напряжения в сети, а также необходимо знать значение угла сдвига фаз между этими параметрами. Для реализации алгоритма автоматизированного управления энергосбережением технологических процессов формообразования необходимо определить заданные коэффициенты мощности: требуемое значение – при котором реализация технологического процесса будет проходить в режиме максимальной энергоэффективности, критическое значение – величину которого коэффициент мощности не должен превышать. Последнее необходимо для избегания эффекта перекомпенсации, который в свою очередь приводит к снижению энергоэффективности процесса и повышению потерь.

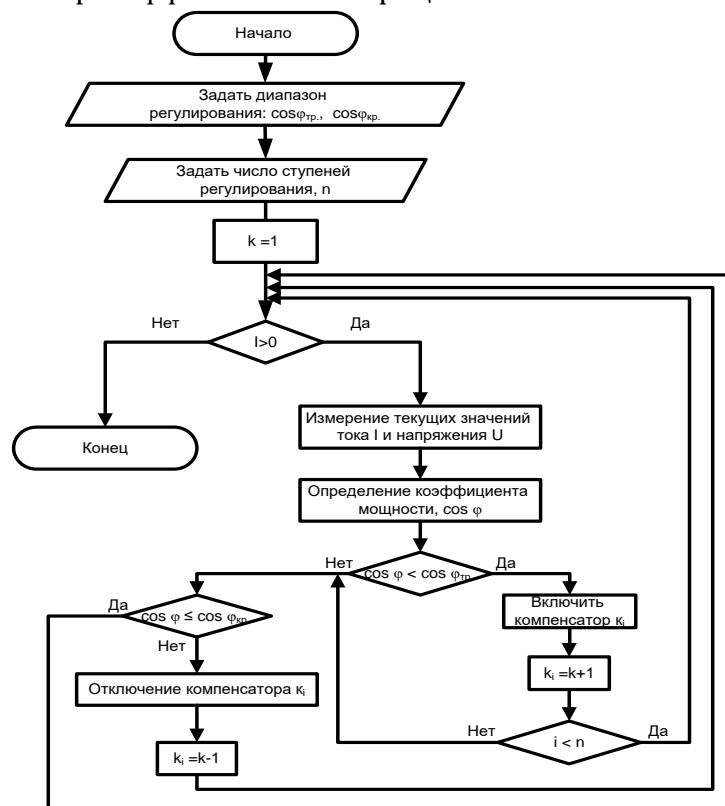


Рисунок. 2. Алгоритм автоматического управления энергоёмкость машиностроительных технологических процессов.

Диапазон регулирования определяется минимальным значением коэффициента мощности (при холостом ходе электрического двигателя станка) и требуемым значением. Данный диапазон разбивается на n ступеней регулирования, каждому из которых присваивается соответствующая емкость конденсатора. Полученное значение коэффициента мощности сравнивается с требуемым значением и в случае, если оно ниже, подключается конденсатор. Проводится считывание новых значений коэффициента мощности и, если это необходимо, подключаются дополнительные конденсаторы [3]. В случаях, когда текущее значение коэффициента мощности больше или равно требуемого, а также в случаях, когда все конденсаторы уже подключены, необходимо проводить проверку на превышение его критического значения. В случае превышения критического значения необходимо отключить конденсатор. Это необходимо, чтобы избежать эффекта перекомпенсации, который приводит к снижению энергоэффективности технологического процесса. При правильном подборе емкости конденсаторов и числа ступеней регулирования эффективность предложенной схемы должна стремиться к 100%, т.е. коэффициент мощности технологического процесса формообразования должен стремиться к 1. Предложенный алгоритм позволяет значительно повысить энергоэффективность технологических процессов формообразования, за счет снижения реактивной составляющей потребляемой мощности, и как следствие повышения коэффициента мощности. Данный алгоритм позволяет учесть такую особенность технологических процессов, как широкий разброс нагрузочных характеристик, при их реализации и избежать эффекта перекомпенсации. Также данный алгоритм возможно использовать локальными автоматизированными системами управления энергопотреблением, т.е. применительно к конкретным единицам станочного оборудования.

Литература

1. Кузовкин В.А, Теоретическая электротехника: Учебник. – М.: Логос, 2002. – 480 с.
2. Кузовкин В.А., Филатов В.В. Моделирование процессов в электротехнических цепях. Учебное пособие по дисциплине «Электротехника и электроника». – М.: ИЦ МГТУ «Станкин», 2006. – 212 с.
3. Шварцбург Л.Э. Информационно-измерительные системы приводов металлорежущих станков. – М.: Издательство «Станкин», 1991. – 181 с.: ил.