

СПОСОБЫ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Д.т.н. В.Ф. Семенюк, д.т.н. А.А. Бойко, А.Б. Кнюх, А.Н. Вудвуд

Одесский национальный политехнический университет, Украина

Рассмотрены два основных способа снижения потерь энергии в переходных режимах: способ уменьшения суммарного момента инерции электропривода и способ регулирования в переходных процессах скорости идеального холостого хода. Предложен способ повышения КПД электропривода промышленных роботов, предусматривающий замену одного приводного двигателя двумя и более двигателями с сохранением суммарной мощности. Предложенный способ позволяет в 1.6 раза уменьшить момент инерции ротора электродвигателя и, соответственно, повысить энергоэффективность робота.

При проектировании машин, прежде всего, ставится задача разработки механизмов машины с наилучшими показателями качества. Для оценки качества машины по принципу расхода энергии при выполнении машиной необходимой работы используется коэффициент полезного действия и доля потерь.

Характерной особенностью промышленных роботов является малая доля движений с постоянной скоростью. В общем цикле работы преобладают режимы интенсивного разгона и торможения. При традиционном построении привода промышленных роботов с преобладанием инерционной нагрузки основная энергия двигателя расходуется на разгон системы и затем рассеивается на демпферах и упорах.

Коэффициент полезного действия механизма и в целом машины во время пуска существенно зависит от переходного процесса, при котором с увеличением скорости двигателя энергия из сети расходуется на увеличение кинетической энергии движущихся частей электропривода. Эту энергию можно представить в виде двух составляющих: полезной, связанной с выполнением электродвигателем определенной механической работы, и потерь энергии. Полезная составляющая определяется изменением произведения момента двигателя на его скорость. Потери энергии обычно делят на постоянные и переменные. Под постоянными подразумеваются потери энергии не зависящие от нагрузки двигателя. К ним относятся потери в стали магнитопровода двигателя, механические потери от трения в подшипниках и вентиляционные потери.

Постоянные потери не остаются неизменными и зависят от скорости двигателя, амплитуды и частоты питающего его напряжения и т.д. Но так как эти потери изменяются в ограниченных пределах и составляют незначительную часть общих потерь, то они принимаются неизменными и равными постоянным потерям при номинальном режиме работы двигателя.

Переменные потери электропривода складываются от мощности потерь в меди статора и ротора двигателя [1]. Потери энергии в меди ротора асинхронного двигателя при его пуске (электропривод работает без нагрузки) зависят от суммарного момента инерции электропривода и угловой скорости холостого хода. При этом потери энергии численно равны кинетической энергии, которая будет запасена к концу пуска движущихся частей электропривода.

Потери энергии в меди ротора при работе электропривода с нагрузкой зависят не только от суммарного момента инерции электропривода и угловой скорости холостого хода, но и от скольжения в начале и в конце пуска, а также от статического момента двигателя и его момента в переходном процессе.

Таким образом, в неуправляемых переходных процессах, когда угловая скорость задается скачком, потери энергии за время переходного процесса пропорциональны суммарному моменту инерции электропривода, квадрату скорости идеального холостого хода и зависят от диапазона изменения скольжений и нагрузки электропривода. Исходя из этого, можно назвать два основных способа снижения потерь энергии в переходных режимах:

- уменьшение суммарного момента инерции электропривода;
- регулирование в переходных процессах скорости идеального холостого хода, т.е. использование управляемых переходных процессов.

Суммарный момент инерции электропривода зависит от момента инерции ротора электродвигателя и момента инерции всех движущихся деталей механической части электропривода: полумуфты с тормозным шкивом, зубчатых колес редуктора и др.

Для реализации первого способа необходимо, прежде всего, уменьшить момент инерции ротора электродвигателя, т.к. он составляет большую часть суммарного момента инерции электропривода. Для этого используем идею компоновки машин с механизмами параллельной структуры [2]. Проектирование машин с использованием идеи компоновки их с механизмами параллельной структуры позволяет применить принцип многопоточности – реализовать рациональное распределение нагрузок между несколькими механизмами и их составными частями параллельными путями, что обеспечивает минимизацию масс подвижных деталей, уменьшение энергетических затрат на перемещение звеньев механизмов и исполнительного органа.

Предлагаемый способ уменьшения момента инерции ротора электродвигателя и, соответственно, снижения потерь энергии и повышения коэффициента полезного действия электропривода промышленных роботов, предусматривает замену одного двигателя двумя и более двигателями с сохранением суммарной мощности. Как правило, суммарный момент инерции двух двигателей половинной мощности оказывается меньше момента инерции одного двигателя полной мощности в рамках одной серии.

В качестве примера, подтверждающего эффективность предлагаемого способа, основанного на использовании идеи компоновки машин с механизмами параллельной структуры, рассмотрен промышленный робот, для которого необходим асинхронный двигатель номинальной мощностью 7,50 кВт с угловой скоростью 730 об/мин. КПД такого двигателя составляет 86%, момент инерции $I=13,8 \cdot 10^{-2}$ кгм² (тип двигателя 4А 160S 8У3) [3]. Заменяем этот двигатель на два двигателя типа 4А 132S 8У3. Для этого типа двигателя: мощность 4,0 кВт, угловая скорость 720 об/мин, КПД 83%, момент инерции $J=4,25 \cdot 10^{-2}$ кгм². Момент инерции двух двигателей типа 4А 132S 8У3 равен $8,5 \cdot 10^{-2}$ кгм², что в 1,6 раза меньше чем момент инерции одного двигателя типа 4А 160S 8У3, при этом суммарная мощность двух двигателей типа 4А 132S 8У3 составляет 8,0 кВт.

Таким образом, предлагаемый способ позволяет в 1,6 раза уменьшить момент инерции ротора электродвигателя и, соответственно, повысить коэффициент полезного действия робота.

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Браславский И.Я. Энергосберегающий асинхронный электропривод: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков; Под ред. И.Я.Браславского. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 256 с.: ил.
2. Кузнецов Ю.М. Компоновка верста́тов з механізмами паралельної структури / Ю.М. Кузнецов, Д.О. Дмитрієв, Г.Ю. Діневіч; Під ред. Ю.М.Кузнецова. – Херсон: ПП Вишемирський В.С., 2009. – 456 с.
3. Алиев Н.Н. Асинхронные двигатели в трехфазном и однофазном режимах. - М.: НП Радио-Софт, 2004. – 128 с.: ил.

Semeniuk W.F., Boyko A.A., Kniukh O.B., Vudvud O.M.

Methoden der Energieeffizienzsteigerung von Industrierobotern.

Es werden zwei Methoden der Reduzierung der Energieverluste im Einschwingvorgang erforscht: die Methode der Reduzierung des Gesamtträgheitsmoments eines Elektroantriebs und die Methode der Regulierung der Geschwindigkeit des idealen Leerlaufs. Es wird die Methode der Wirkungsgradsteigerung von Industrierobotern angeboten, die den Ersatz eines Antriebsmotors durch zwei oder mehrere Motoren beim Beibehalten der Gesamtleistung voraussetzt. Die angebotene Methode lässt das Trägheitsmoment des Motorläufers um 1,6-fache verringern und dementsprechend die Energieeffizienz des Roboters wesentlich steigern.