

МНОГОДВИГАТЕЛЬНЫЙ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД

Брусов А. В.

Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск

Многодвигательный электропривод – электропривод, содержащий несколько электродвигателей, механическая связь между которыми осуществляется через исполнительный орган рабочей машины [1].

Два одинаковых или разных двигателя могут работать с одной нагрузкой. Такой многодвигательный электропривод способен помочь в решении некоторых технических проблем. Он имеет достаточно преимуществ и, как правило, используется для:

- повышение надежности электропривода;
- повышение энергоэффективности при работе с малыми нагрузками;
- уменьшение крутящего момента маховика;
- более удобное расположение рабочих механизмов.

Недостатками многодвигательного электропривода являются:

- сложность электрической схемы электродвигателей, либо для их последовательного и параллельного подключения к электросети;
- возможность неравномерного распределения нагрузок между двумя двигателями.

Причиной неравномерного распределения нагрузки заключается в различиях в параметрах двигателей, имеющих одинаковые паспортные данные. В процессе производства электродвигателей существует вероятность изменения технологических параметров. Это изменение приводит к различным сопротивлениям обмоток, т. е. магнитный поток различен. Каких-либо нестыковок в параметрах двух двигателей приводит к изменению жесткости механической характеристики и, как следствие, неравномерное распределение нагрузки.

Таким образом, при использовании двух двигателей электроприводе необходимо определить неравномерное распределение нагрузки и принять меры для устранения негативных последствий этого явления (например, перегрев одной из машин).

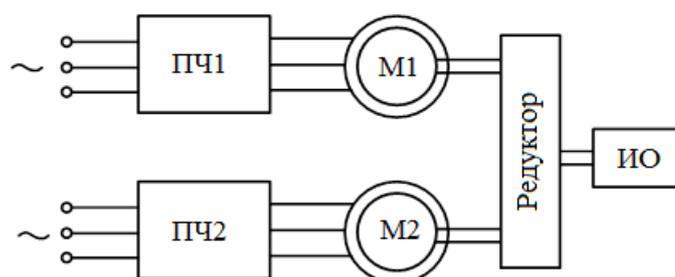


Рис. 1. Структурная схема двухдвигательного частотно-регулируемого электропривода
Элементы схемы: ПЧ1, ПЧ2 – преобразователи частоты; М1, М2 – электродвигатели;
ИО – исполнительный орган.

В настоящее время внимание разработчиков технологического оборудования акцентируется на использовании для управления исполнительными устройствами технологических процессов многодвигательных электроприводов.

Это связано с тем, что при использовании многодвигательного электропривода:

- уменьшается суммарная масса исполнительной части комплекса (двигатель – передаточный механизм), где на подвижных частях технологических устройств;

- уменьшаются динамические нагрузки на механические системы – мультипликаторы момента и зубчатые венцы технологических машин;
- снижается мощность применяемых электродвигателей.

Поэтому при проектировании и изготовлении технологической машины появляется возможность применить исполнительные устройства с меньшей массой, жесткостью и развиваемым моментом, уменьшаются собственные моменты трения и инерции установки. Все это снижает габариты технологического устройства, его стоимость, повышает надежность работы оборудования [2].

Вместе с тем, наряду с положительными факторами при использовании многодвигательных электроприводных систем остро встает проблема обеспечения совместной работы электродвигателей при равномерной их нагрузке в составе многодвигательного электропривода.

В многодвигательном электроприводе обычно используются электродвигатели одного типа. Реальные значения параметров электродвигателей: моменты и скорости при одинаковых параметрах управляющих сигналов различаются между собой, и, следовательно, будут различаться их механические характеристики. Так как электродвигатели работают на один исполнительный (технологический) механизм, возможно создание таких условий, при которых один электродвигатель будет брать на себя часть нагрузки других электродвигателей при одинаковой номинальной скорости. При достаточно больших различиях в характеристиках ведомый электродвигатель переходит в генераторный режим и полностью отдает свою нагрузку ведущему электродвигателю. Учитывая, что электропривод содержит упругие звенья, колебательность системы в данном случае может достигнуть достаточно больших значений.

Работа многодвигательного частотно-регулируемого электропривода происходит следующим образом. Многодвигательный электропривод имеет в своем составе n локальных электроприводов, построенных на базе частотно-регулируемых асинхронных электродвигателей. Каждый асинхронный электродвигатель установлен в передаточном механизме, являющемся мультипликатором момента. Локальные электроприводы работают на общую нагрузку – один технологический механизм H со скоростями $\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n$. Нагрузка в свою очередь воздействует на локальные электроприводы моментами M_n .

Каждый локальный электропривод имеет в своем составе замкнутый контур регулирования момента, датчики обратной связи на базе импульсных датчиков угловых перемещений с блоком обработки импульсных сигналов и выработкой сигналов, пропорциональных скорости вращения и углу перемещения вала исполнительного электродвигателя локального электропривода.

Обратная связь контура регулирования скорости многодвигательного электропривода вычисляется по сигналам скорости с импульсного датчика каждого асинхронного электродвигателя в осреднителе, где сигналы импульсных датчиков вначале суммируются в сумматоре, затем поступают на блок деления. После деления на делитель, равный числу локальных электроприводов, вычисленный сигнал обратной связи многодвигательного электропривода поступает на один из входов регулятора скорости вращения многодвигательного электропривода. На другой вход регулятора скорости вращения поступает сигнал с задатчика текущей угловой скорости многодвигательного электропривода. После сравнения сигналов и соответствующей динамической коррекции разностный сигнал с выхода регулятора скорости вращения, являющийся заданием момента M_3 , поступает одновременно на первые входы всех блоков векторного управления моментом соответствующего электродвигателя локальных электроприводов, на вторые входы которых поступает сигнал обратной

связи по углу со второго выхода соответствующих импульсных датчиков перемещений вала асинхронного электродвигателя. В блоке векторного управления моментом по сигналу, пропорциональному угловому перемещению вала асинхронного электродвигателя, с импульсного датчика перемещений и по параметрам электродвигателя, замеренным датчиками момента, происходит вычисление сигнала обратной связи по моменту [1].

Известна двухдвигательная приводная электромеханическая система, состоящая из двух электроприводов, каждый из которых включает в себя последовательно соединенные регулятор скорости, замкнутый контур тока, электродвигатель. Эти электроприводы работают на общую нагрузку H со скоростями ω_1, ω_2 соответственно. Нагрузка H , в свою очередь, воздействует на электроприводы моментами M_n посредством суммирования с обратным знаком сигнала, пропорционального моменту нагрузки, с сигналом, пропорциональным развиваемому электроприводом моменту с выхода замкнутого контура тока на блоке суммирования. По обратной связи каждого электропривода приходит сигнал U_{oc} . Для того чтобы синхронизировать скорость вращения электродвигателей, задание на скорость ведущего электропривода подается пропорционально разности скоростей электродвигателей - ведущего и ведомого, получаемое в соответствии с выражением (1) на блоке суммирования:

$$U_{эс2} = U_{эс1} - U_{др} \quad (1)$$

где: $U_{эс2}$ – скорректированное задание на скорость;

$U_{эс1}$ – нескорректированное задание на скорость;

$U_{др}$ – сигнал коррекции с датчика рассинхронизации.

Этот двухдвигательный электропривод имеет систему управления скоростью каждого электродвигателя и соответствующие датчики выходной координаты (скорости) каждого электродвигателя. Данная приводная система позволяет синхронизировать скорость вращения исполнительных электродвигателей. В связи с тем, что электродвигатели в двухдвигательном приводе используются одного типа, соответственно, система управления для электродвигателей выбирается одинаковой. Учитывая, что реальные значения параметров автоматизированных электроприводов, входящих в состав двухдвигательного электропривода, часто различаются между собой, различаются и их механические характеристики, что при одинаковых параметрах электродвигателей не обеспечивает одинаковость развиваемых электродвигателями моментов. Последнее обстоятельство может вызвать механические колебания в технологическом механизме и значительные перегрузки электродвигателей по току, в системе возникают дополнительные динамические нагрузки, приводящие к механическому резонансу элементов конструкции электродвигателей и технологической машины, что резко сокращает срок службы электропривода и технологической машины.

Известна также двухдвигательная приводная система, содержащая два электропривода и общий для каждого электропривода задатчик текущей скорости, а выход каждого электропривода подключен к общей нагрузке H . В состав каждого электропривода входят регулятор скорости, замкнутый контур тока, электродвигатель [3]. Для синхронизации скоростей электродвигателей в первый электропривод введены дополнительный сигнал синхронизации $K_{синх}$, умножитель и блок суммирования, во второй электропривод - блок суммирования, а в двухдвигательный электропривод - блок суммирования и интегратор. При этом выход задатчика скорости подключен к первому входу регулятора скорости каждого электропривода, на второй вход которого подается сигнал обратной связи по скорости с выхода электродвигателя. Выход регулятора скорости первого электропривода

присоединен к первому входу умножителя, второй вход которого подключен к задатчику сигнала синхронизации. Выход умножителя соединен с последовательно соединенными замкнутым контуром тока, первым входом сумматора и электродвигателем. Выход регулятора скорости второго электропривода подключен к последовательно соединенным замкнутому контуру тока, первому входу сумматора и электродвигателю. Сигнал с выхода электродвигателя первого электропривода суммируется с обратным знаком с сигналом с выхода электродвигателя второго электропривода на сумматоре двухдвигательного электропривода, выходом подключенного ко входу интегратора, выход которого подключен ко второму входу сумматора первого и второго электроприводов. В известном двухдвигательном приводе задача синхронизации скоростей электродвигателей решается обеспечением одинаковости характеристик входящих в двухдвигательный электропривод исполнительных (приводных) электродвигателей за счет выравнивания токов якорных цепей электродвигателей при одинаковой скорости вращения электродвигателей. Одинаковость токов обеспечивается системой подчиненного регулирования, и, чтобы не перегружать электродвигатель с меньшим током, снижается задание на ток двигателя с большим током в I_1/I_2 раз или, что то же самое, в R_1/R_2 раз (I_1, I_2, R_1, R_2 – соответственно токи и сопротивление якорной цепи первого и второго электродвигателя).

В данной двухдвигательной приводной системе электроприводы имеют общее задание на скорость и индивидуальные сигналы обратных связей. Синхронизирующий вал реализован интегральным звеном с жесткостью «С». На это звено приходит сигнал разности скоростей электродвигателей. Выходной сигнал интегрального звена заводится в систему регулирования каждого электродвигателя в значении момента. Данный способ синхронизации значительно увеличивает декремент затухания колебаний относительно рассинхронизации. Однако указанная двухдвигательная приводная система имеет следующие недостатки:

а) система обеспечивает одинаковость характеристик по току и требует дополнительной синхронизации входящих в двухдвигательную приводную систему электроприводов по скорости для исключения вышеуказанных колебательных процессов. Согласование электродвигателей по скорости решается за счет введения дополнительного сигнала со значениями $K = R_1/R_2$;

б) необходимость дополнительного фиксированного сигнала синхронизации, вводимого перед контуром тока, зависящего от значений сопротивлений якорной цепи электродвигателя и, соответственно, от температуры двигателей и окружающей среды. Причем сигнал синхронизации должен подаваться в ведущий электропривод, а электроприводы в практических применениях меняют свое назначение;

в) метод применим только для двухдвигательной приводной системы и не может быть использован для многодвигательного электропривода с тремя и более электродвигателями.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лебедев А.М., Орлова Р.Т., Пальцев А.В. Следящие электроприводы станков с ЧПУ. М.: Энергоатомиздат. – 1988. 223 с.
2. Павлов В.В. Управляющие устройства логического типа. М., Энергия. – 2012. 83 с.
3. Колесников К.С., Сидоров П.Г., Александров Е.В., Рывкин С.Е. К созданию многооборотных регулируемых асинхронных электроприводов нового технического уровня. Известия Тульского государственного университета – Тула: Из-во ТулГУ. – 2005. С. 5-6.