

К методике механических испытаний материалов на установках с винтовыми нагружающими устройствами

А. И. Петренко

Институт проблем прочности НАН Украины, Киев, Украина

Изложено новое техническое решение проблемы плавной отработки заданного закона нагружения образца материала в экстремальных условиях с помощью винтового нагружающего устройства. Новизна конструкции последнего состоит в кинематической связи винта и гайки с отдельными двигателями. Усовершенствование способа работы устройства заключается в однонаправленном вращении винта и гайки с разными угловыми скоростями. Специализированная система автоматического управления винтовым нагружающим устройством позволяет реализовать нагружение образца без возникновения люфтов в силовой кинематической цепи и неплавного осевого движения винта при скоростях деформирования образца, близких к нулю.

Ключевые слова: винтовой механизм, механические испытания, автоматическое управление, нагружение, образец.

Испытания образцов материалов на прочность в труднодоступных местах, в частности, предварительно облученных или при текущем их радиационном облучении, могут осуществляться при использовании длинномерных тяг в силовых кинематических цепях; при этом скорости деформирования образцов могут быть очень малыми и могут наблюдаться колебания температуры. Это приводит к существенной неустойчивости упругих и тепловых деформаций тяг и отклонениям от заданного закона нагружения образца. При испытаниях с очень малыми текущими скоростями деформирования, близкими к нулевым, например 1...10 мкм/мин, нельзя получить плавную отработку заданного закона нагружения образца ввиду неустойчивости работы привода, флуктуаций нагрузочного момента и скачкообразности перехода от трения покоя к трению движения. В таких условиях испытаний, называемых согласно [1] экстремальными, применение в качестве нагружающего устройства винтового механизма с электроприводом, как наиболее практичного для статических испытаний, приводит к необходимости автоматического реверсирования двигателя для компенсации отклонений от заданного закона нагружения образца.

Поскольку в кинематической цепи между двигателем и местом соединения винта с активным захватом имеются разъемные соединения и, как правило, редуктор, то при реверсировании возникают люфты. Последние приводят к потере времени на их выборку, к уменьшению степени чувствительности и динамической точности системы автоматического управления нагружением, к увеличению времени регулирования и неплавной отработке закона нагружения образца, т.е. винтовое нагружающее устройство обнаруживает низкие эксплуатационные характеристики в экстремальных условиях испытаний, что снижает их точность. Следует отметить, что в современных испытательных машинах люфт в передаче винт-гайка устраняется благодаря использованию безлюфтовой шариковинтовой передачи.

Появление же основных люфтов в разъемных соединениях и силовых редукторах кинематических цепей при реверсировании двигателя устранить эффективно невозможно.

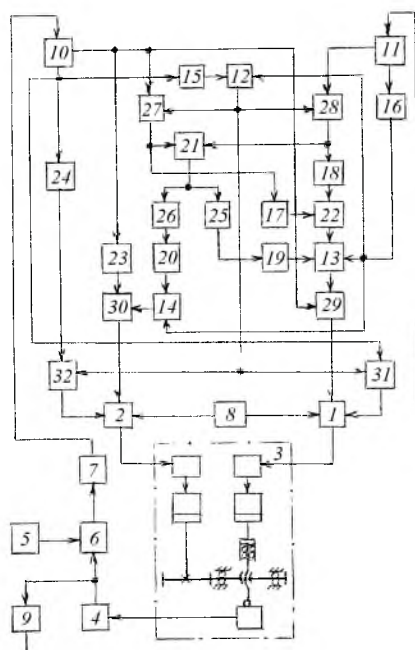
Цель настоящей работы – изложение технического решения проблемы плавной отработки заданного закона нагружения образца материала в экстремальных условиях с помощью усовершенствования винтового нагружающего устройства, способа его работы и специализированной системы управления.

Конструктивное усовершенствование винтового нагружающего устройства состоит в том, что в безлюфтовой шариковинтовой передаче винт и гайка кинематически соединены с отдельными исполнительными приводами (двигателями). Винт и гайка могут вращаться независимо друг от друга, гайка зафиксирована в осевом направлении, и осевое перемещение винта, связанного с активной тягой, является результатом сложения обоих вращений.

Способ испытания образца с помощью этого устройства без реверсирования двигателей заключается в следующем. Предварительно перед нагружением образца производят выборку люфтов в силовых кинематических цепях между двигателями и активной тягой путем синхронного вращения винта и гайки в одном направлении и с одинаковой угловой скоростью, а нагружение образца осуществляют за счет вращения винта и гайки с разными угловыми скоростями в том же направлении, что и при выборке люфтов [2].

В соответствии с указанным способом испытаний разработаны способ управления винтовым механизмом и устройство для его осуществления [3]. Способ управления состоит в том, что в соединенном с винтом рабочем органе (тяге, образце) формируют контролируемый параметр, т.е. с рабочим органом соединяют датчик и устанавливают соответствие между контролируемой величиной сигнала датчика и параметром движения или состояния рабочего органа, сравнивают контролируемый параметр с заданным значением и в случае рассогласования производят осевое перемещение винта за счет разных по величине для винта и гайки изменений их начальной одинаковой скорости ω_0 вращения в одном направлении. Величину скорости ω_0 предварительно устанавливают соответствующей половине номинальной частоты вращения двигателей, а опорные сигналы, соответствующие ω_0 , задают по абсолютной величине превышающими абсолютное максимальное значение управляющего сигнала в диапазоне регулирования. При этом задают пороговое значение управляющего сигнала, и при величине рассогласования между заданным и контролируемым значениями параметра, которой соответствует управляющий сигнал, меньший порогового значения, обрабатывают рассогласование путем изменения частоты вращения одного двигателя, а при рассогласовании, соответствующем управляющему сигналу, превышающему пороговое значение, путем изменения частоты вращения двух двигателей одновременно. Выбор величины начальной угловой скорости ω_0 винта и гайки, соответствующей при установленных коэффициентах редукции передач половине номинальной частоты вращения двигателей, наиболее целесообразен, так как при этом

диапазон $0 < \omega < 2\omega_0$ изменения угловых скоростей винта и гайки без реверсов и остановок двигателей оказывается наибольшим и наибольшей оказывается максимальная скорость отработки регулируемой величины. При любом режиме работы алгебраическая сумма опорного сигнала, соответствующего ω_0 , и управляющего сигнала будет отличаться от нуля и иметь знак опорного сигнала, т.е. направление вращения винта и гайки не изменяется.



Структурная схема устройства управления двухприводным винтовым механизмом: 1, 2 – сумматоры; 3 – винтовой механизм с регуляторами частоты вращения двигателей; 4 – датчик контролируемого параметра; 5 – программатор; 6 – блок сравнения; 7 – регулятор скорости; 8 – задатчик начальной частоты вращения двигателей; 9 – дифференциатор; 10, 11 – блоки пороговых значений; 12–14 – логические элементы ИЛИ; 15–20 – нормирующие преобразователи; 21 – перемножитель; 22 – логический элемент ИСКЛЮЧАЮЩЕЕ ИЛИ; 23, 24 – инверторы; 25, 26 – детекторы знака; 27–32 – ключи.

На рисунке приведена структурная схема одного из вариантов устройства для реализации данного способа управления винтовым нагружающим механизмом. В устройство введены элементы, позволяющие осуществлять автоматическое управление не только с учетом величины и знака сигнала рассогласования, но и величины и знака производной сигнала датчика контролируемого параметра. Работа устройства управления, а также устройство и работа его нестандартных элементов, а именно, блоков пороговых значений и нормирующих преобразователей подробно описаны в [3]. В процессе отслеживания заданного закона нагружения образца разность между величинами угловых скоростей винта и гайки может быть как положительной, так и отрицательной, т.е. осевое перемещение винта может быть возвратно-поступательным без изменения первоначально заданного направления вращения винта и гайки и без появления люфтов. Кроме того, повышается точность выполнения программы нагружения при перемещениях

рабочего органа со скоростями, близкими к нулю, поскольку разность между угловыми скоростями винта и гайки при устойчивой работе двигателей может быть близкой к нулю. Благодаря предварительно установленной начальной угловой скорости ω_0 винта и гайки замедляющее действие на осевую скорость винта вращающейся с ним в одном направлении гайки компенсируется большей угловой скоростью винта, определяемой суммарным сигналом, который состоит из опорного и управляющего.

При нагружении образца из-за экстремальности условий испытаний величины управляющего сигнала и производной сигнала датчика контролируемого параметра могут быть большими или меньшими пороговых значений и иметь одинаковые или разные знаки. В соответствии с этим воздействие устройства управления на винтовой механизм в конкретных случаях будет различным: изменяются угловые скорости винта и гайки либо одновременно, причем с увеличением угловой скорости винта угловая скорость гайки уменьшается, и наоборот, с уменьшением угловой скорости винта угловая скорость гайки увеличивается, либо изменяется угловая скорость только винта, либо только гайки. Пороговые значения управляющего сигнала и производной сигнала датчика контролируемого параметра устанавливаются эмпирически, например, как четверть их максимальных значений в диапазоне регулирования. Благодаря специфике данного технического решения можно при практическом сохранении максимальной скорости отработки регулируемой величины уменьшить или вообще устранить перерегулирование (динамический заброс в переходном процессе регулирования). Основная часть рассогласования между заданной и регулируемой величинами, которой соответствует управляющий сигнал, превышающий пороговую величину, обрабатывается с максимальной скоростью, а затем оставшая часть рассогласования при той же настройке системы управления обрабатывается с меньшей скоростью без перерегулирования, что повышает качество регулирования.

Алгоритм функционирования устройства управления может быть использован при составлении программного обеспечения для управляющего компьютера при его применении в конкретной испытательной установке с усовершенствованным винтовым нагружающим устройством, в том числе в случае реализации сложных законов нагружения образца.

Резюме

Викладено нове технічне рішення проблеми плавного відстеження заданого закону навантаження зразка матеріалу в екстремальних умовах за допомогою гвинтового навантажувального пристрою. Новизна конструкції останнього полягає в кінематичному зв'язку гвинта і гайки з окремими двигунами. Удосконалення способу роботи пристрою – обертання гвинта та гайки в одному напрямку з різними кутовими швидкостями. Спеціалізована система автоматичного управління гвинтовим навантажувальним пристроєм дозволяє реалізувати навантаження зразка без виникнення люфтів у силовому кінематичному ланцюзі та неплавного осьового руху гвинта при швидкостях деформування зразка, близьких до нуля.

1. *Прочность* материалов и элементов конструкций в экстремальных условиях / Под общ. ред. Г. С. Писаренко. – Киев: Наук. думка, 1980. – Т. I. – 535 с.
2. *А. с. 1758494 СССР*, МКИ G 01N 3/32. Способ испытания образца материала на прочность при осевом нагружении / А. И. Петренко. – Оpubл. 30. 08. 92, Бюл. № 32.
3. *Пат. 2013798 РФ*, МКИ G 05D 13/00. Способ управления винтовым механизмом и устройство для его осуществления / А. И. Петренко. – Оpubл. 30. 05. 94, Бюл. № 10.

Поступила 23. 06. 2000