

КОМПЬЮТЕРНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОСТАНОВКИ ШАХТНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ ПРИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОМ ТОРМОЖЕНИИ

В.И. Васильев, преподаватель,
Конотопский институт Сумского государственного университета,
г. Конотоп

В статье рассмотрены пути снижения динамических перегрузок, возникающих в упругой части шахтной подъемной установки (ШПУ) в момент ее остановки (стопорения), в частности, при предохранительном торможении. На основе компьютерного моделирования проанализированы динамические режимы упругой части системы ШПУ в момент остановки, синтезированы оптимальные по динамичности законы и параметры тормозного усилия в момент остановки.

Ключевые слова: шахтная подъемная установка, динамические перегрузки, тормозное усилие, компьютерное моделирование.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из современных методов исследования процессов и систем является моделирование их технических параметров, в т.ч. динамических. При исследовании динамических процессов в системе шахтной подъемной установки (ШПУ) с автоматически регулируемым предохранительным торможением (АРПТ) решаются задачи моделирования отдельных подсистем и их взаимодействия в процессе. В частности, подъемной машины, механического тормоза, упругой части (канаты), системы управления и др. При этом дифференциальные уравнения моделей, описывающие динамику подсистем, удобно представлять в операторной форме с последующим графоаналитическим представлением в виде структурных схем, удобных для создания алгоритмов программирования.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

При разработке и внедрении систем АРПТ возник ряд противоречивых требований по безопасности, быстродействию и возникающим динамическим перегрузкам, влияющим на прочность и ресурс канатов и другого оборудования в режиме предохранительного (аварийного) торможения. В частности, для многоканатных ШПУ в определенных режимах работы это может приводить к аварийным проскальзываниям канатов по шкиву трения. Решить проблему можно, ограничив амплитуды усилий, которые возникают в упругой части подъема, в частности, в режиме спуска груза, при крайних положениях сосудов, когда длина упругих ветвей максимальна.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЙСТВУЮЩИХ И СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНЫХ ПО ДИНАМИЧЕСКИМ НАГРУЗКАМ СИСТЕМ ТОРМОЖЕНИЯ ШПУ

Полученный при внедрении систем АРПТ опыт позволил выбрать наиболее удобную методику математического описания сложной системы, к которой относятся ШПУ. Исследования выполнялись методом структурного моделирования с применением граничных упругих связей, предложенных проф. В.М.Чермалыхом [1].

Экспериментально полученные характеристики системы управления приводом тормоза позволили разработать полную универсальную модель системы ШПУ с АРПТ для проведения дальнейших исследований.

Сравнительный анализ характеристик компьютерной модели с реальными системами приведен в [2].

Динамика многоканатного и наклонного подъемов (расчетные кинематические модели приведены на рис. 1) была представлена математической моделью ШПУ с системой АРПТ и клапанным приводом предохранительного тормоза. Модель представляет собой систему дифференциальных уравнений, описывающих процессы в отдельных подсистемах ШПУ. Для последующего перехода к компьютерной модели дифференциальные уравнения удобно представить в операторной форме, в виде структурной схемы, к которой удобно применить методы перехода к цифровой модели, например, метод переменных состояний и др.

Разработанная компьютерная модель [2] универсальна и может использоваться при исследовании обоих случаев подъемных установок, представленных на рис. 1. Модель, представленная структурной схемой на рис. 2, включает: подъемную машину (ПМ), ее упругую часть, механический тормоз, систему АРПТ. ПМ моделируется интегрирующим звеном, на входы которого поступает результирующее взаимодействие усилий, тормозного F_m , статической нагрузки $\pm F_{ст}$ и результирующее усилие F_{1y} , возникающее в упругой части системы при взаимодействии усилий в поднимающейся и опускающейся ветви. Выходным параметром модели является сигнал скорости движения подъемной установки v . Упругая часть моделируется передаточными функциями $W_{yi}(p)$ прямой и обратной ветвей двухконцевого подъема, связанных между собой шкивом.

Исходными данными для моделирования были приняты параметры подъемной установки одноконцевого наклонного подъема 1-3-2У шахты "Бутовка-Донецкая" ПО Донецкуголь, на котором проводились промышленные испытания первого опытного образца системы АРПТ, и был накоплен достаточный экспериментальный материал нескольких вариантов систем в разных режимах работы.

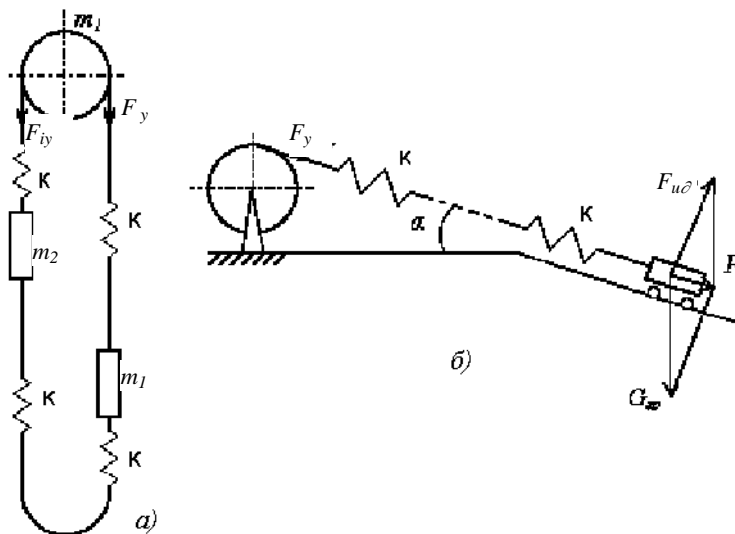


Рисунок 1 - Кинематические схемы ШПУ: вертикальной уравновешенной со шкивом трения (а) и барабанной наклонной (б)

В результате компьютерного моделирования предохранительного торможения в режиме спуска груза (рис. 3) получены диаграммы: $V(t)$ – скорость торможения подъемной машины; $F_m(t)$ – тормозное усилие с жестким стопорением при достижении минимальной скорости;

$F_y(t)$ – соответствующее этому режиму результирующее усилие в упругой части подъема; $F'm(t)$, $F'y(t)$ – то же при параболической диаграмме скорости на заключительном участке торможения.

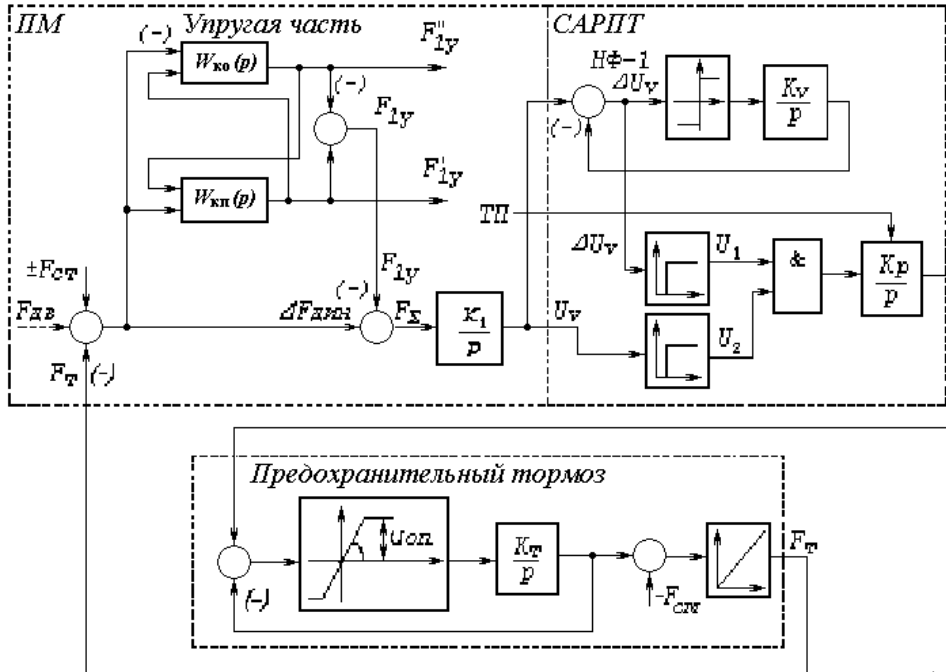


Рисунок 2 - Структурная схема динамической модели замкнутой системы автоматически регулируемого предохранительного торможения ШПУ

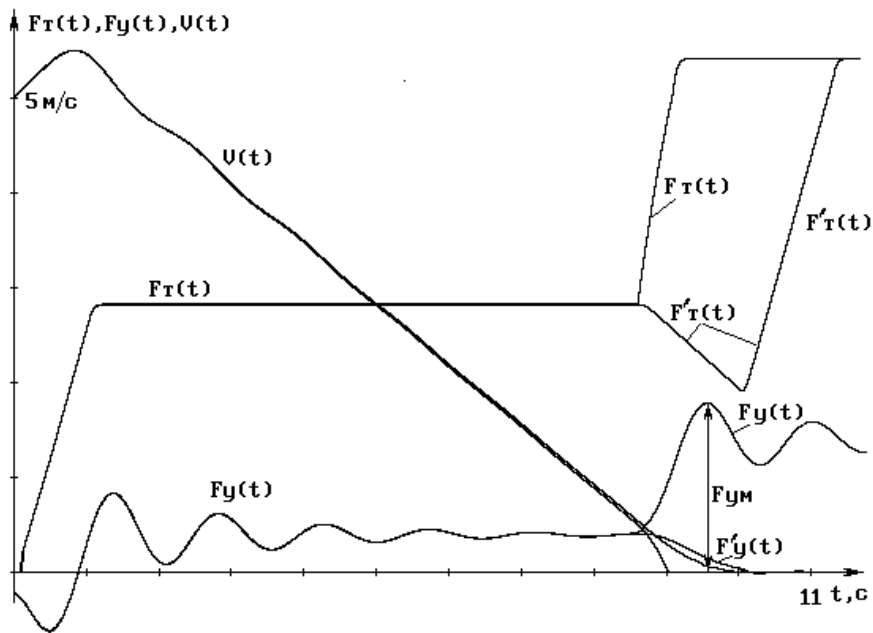


Рисунок 3 - Диаграммы компьютерного моделирования динамики ШПУ с системой АПИТ при торможении в режиме спуска груза

Результаты моделирования свидетельствуют о том, что динамические перегрузки в упругой части возникают в начале и в конце предохранительного торможения. Вначале, отключается электропривод, механический тормоз начинает действовать с некоторой задержкой, обусловленной холостым ходом тормоза. При этом скорость машины под действием статической нагрузки увеличивается до тех пор, пока тормозное усилие не увеличится до значения, соответствующего статической нагрузке. Дальнейшее увеличение тормозного усилия формирует снижение скорости подъемной машины с заданным замедлением. В заключительной стадии торможения, после достижения минимальной скорости, в упругой части также возникают силы, достигающие максимальных значений $F_{ум}$ при стопорении машины.

Это объясняется ступенчатым изменением замедления до нулевого значения, при котором не ограничивается производная замедления (рывок) в момент достижения нулевой скорости. Улучшение динамики в этом режиме достигается ограничением рывка путем снижения замедления по линейному закону. В этом случае диаграмма скорости на участке стопорения изменится с линейной на параболическую [3]. Для этого перед стопорением на безопасно низкой скорости подъемной машины (например, 0,3-0,5 м/с) необходимо кратковременно линейно уменьшить тормозное усилие до величины не ниже статической нагрузки $F_{см}(t)$. Это избавит систему от возникновения колебаний в упругой части, обеспечит аperiodический характер переходного процесса. Такой режим существенно улучшает динамику торможения, ресурс оборудования и безопасность системы в целом. Незначительное увеличение времени предохранительного торможения при этом, может быть учтено при наладке средств защиты.

ВЫВОДЫ

По результатам исследований можно сделать следующие выводы:

- сложные электромеханические системы, к которым относятся шахтные подъемные установки, эффективно моделируются компьютерными методами и дают большие возможности при проведении исследований и анализа как существующих систем предохранительного торможения, так и вновь разрабатываемых с заданными свойствами;
- надежность и безопасность ШПУ, оборудованных системами АРПТ, может быть существенно улучшена, если в Правила безопасности будут внесены научно обоснованные требования, учитывающие возможности АРПТ снижать динамические перегрузки ШПУ в определенных режимах торможения, в частности, при стопорении;
- в системе подъема, когда орган навивки зажат (тормозом), а подъемный сосуд свободно висит на упругом канате, параболическая тахограмма скорости на заключительном этапе торможения эффективно снижает динамические перегрузки в стальных канатах после стопорения подъемной машины.

SUMMARY

COMPUTER RESEARCH OF DYNAMICS OF A STOP MODE FOR EMERGENCY BRAKING OF MINING HOISTS

*Vasilyev V.I.,
Konotop Institute of Sumy State University, Konotop*

The paper considers ways of reducing the dynamic overloads resulting in the elastic part of winder at the time of stopping, in particular, in the pressure-relief braking. Based on computer modeling the author analyzes the dynamic conditions of the elastic part of the winder system at

the time of the stoppage and synthesizes the best laws and dynamic parameters of braking force at the time of the stop

Key words: *winder, dynamic overload, braking, computer simulation.*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чермалых В.М. Исследование сложных электромеханических систем / В.М. Чермалых. – Киев: КПИ, 1979. – 63 с;
2. Васильев В.И. Компьютерное моделирование предохранительного торможения шахтной подъемной установки / В.И. Васильев // АСУ и приборы автоматики: Всеукр. межвед. н.-техн. сб. – 2002. – Вып. 121. – С. 48-51.
3. А. с. № 1447743 СССР, МКИ В 66 В 5/00 /Устройство для управления приводом шахтной подъемной машины / Васильев В.И., Дубовик В.Г., Чермалых В.М. Открытия. Изобретения. - 1988. - № 48.

Поступила в редакцию 16 мая 2011 г.