

УДК 621.313.333

С.В. Дубинин, канд. техн. наук, доц.,
Донецкий национальный технический университет

ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ДВУХПРИВОДНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ВЫНЕСЕННОЙ СИСТЕМЕ ПОДАЧИ ОЧИСТНОГО КОМБАЙНА ПРИ АВАРИЙНОМ ЗАКЛИНИВАНИИ ТЯГОВОЙ ЦЕПИ

В работе выполнен анализ влияния параметров автоматизированной вынесенной системы подачи угольного комбайна на величину динамических нагрузок в аварийном режиме. В функции предложенной системы управления входит ограничение динамических перегрузок при аварийном заклинивании тяговой цепи.

Ключевые слова: вынесенная система подачи, электромагнитная муфта скольжения, динамические нагрузки, математическая модель, дифференциальные уравнения.

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

В процессе работы двухприводной вынесенной системы подачи (ВСП) существует вероятность аварийного заклинивания тяговой цепи. Величина динамических нагрузок при переходных процессах в процессе заклинивания является результатом суммирования динамических моментов электроприводов, связанных между собой и комбайном тяговой цепью. В существующих автоматизированных ВСП отсутствует контроль суммарного усилия в рабочем участке тяговой цепи, что существенно снижает эффективность защиты ВСП от аварийных перегрузок.

Анализ исследований и публикаций. В работе [2] проведены исследования переходных электромеханических процессов в ВСП без учета влияния, принятой в серийных аппаратах управления, автоматической защиты от перегрузок.

Постановка задачи. Настоящая статья является продолжением указанной работы. Целью данного исследования является исследование динамических процессов в системе: автоматизированный электропривод – ВСП – горная машина и обоснование метода контроля и защиты ВСП от аварийных перегрузок при заклинивании цепи.

Изложение материала и результаты.

В существующих ВСП используются автоматизированные электроприводы на основе электромагнитных муфт и тормозов скольже-

ния (ЭМС и ЭМТ). Электроприводы с электромагнитными муфтами и тормозами скольжения относятся к числу регулируемых. В горном производстве эти приводы служат для регулирования скорости перемещения угольных комбайнов и др. [1, 2].

В процессе перемещения комбайна вдоль лавы существует вероятность заклинивания тяговой цепи, корпуса комбайна или его исполнительных органов. Такие режимы являются аварийными и могут привести к повреждению оборудования.

Целью данного исследования является установление закономерностей формирования суммарного динамического усилия в рабочем участке тяговой цепи двухприводной автоматизированной системы подачи и обоснование способа контроля и защиты ВСП от аварийных перегрузок.

Электромеханическая система двухприводного ВСП в упрощенном виде представлена на рис. 1. При нормальном режиме работы корпус комбайна перемещается за счет тягового усилия, которое передается от асинхронного двигателя 6 через ЭМС 5 на приводную звездочку 3. Скорость и усилие подачи регулируется автоматическим изменением тока возбуждения ЭМС I_M . При увеличении нагрузки на электропривод выше допустимой величины ток I_M автоматически снижается, чем достигается ограничение электромагнитного момента привода на заданном уровне. В момент аварийного заклинивания корпуса комбайна электромеханическую систему ВСП можно представить в виде эквивалентной схемы замещения (рис. 2).

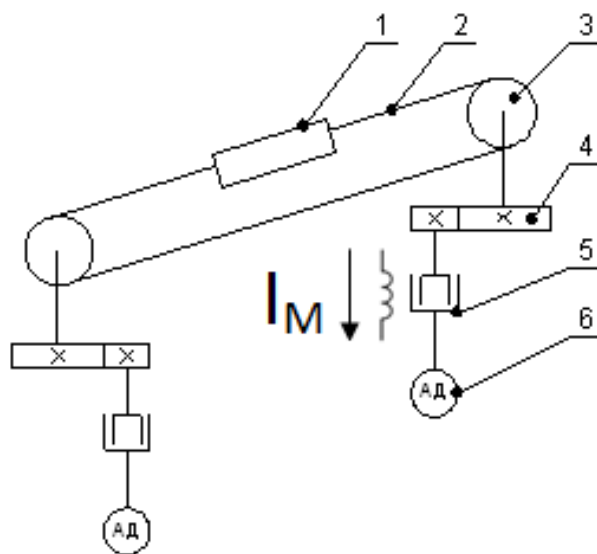


Рис. 1. – Механическая система исследуемого технологического объекта: 1 – очистной комбайн; 2 – приводная тяговая цепь; 3 – приводная звездочка; 4 – редуктор; 5 – ЭМС; 6 – асинхронный электродвигатель

Для исследования закономерности формирования динамических усилий в ВСП в соответствии с эквивалентной схемой (рис. 2) разработана математическая модель системы. При этом, использовались следующие основные допущения. Нижний участок тяговой цепи представлен в виде сосредоточенных масс с упругими связями между собой и приводами подачи с жесткостью C_1 - C_8 с учетом диссипативных свойств цепного тягового органа [2]; верхний участок тяговой цепи представлен в виде упругой невесомой нити с жесткостью C_9 .

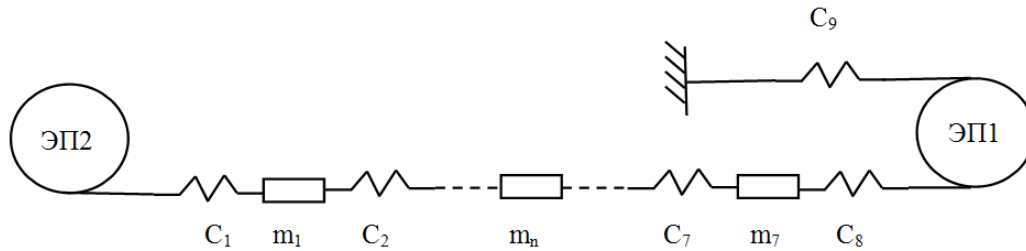


Рис. 2. – Эквивалентная схема замещения ВСП при аварийном заклинивании: ЭП1, ЭП2 – тянущий и подтягивающий приводы подачи; C_1 - C_9 и m_1 - m_7 – соответственно жесткости и массы участков цепного тягового органа.

С учетом приведенных допущений математическую модель ВСП можно представить в виде дифференциальных уравнений (1) [3].

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dI_{M1}}{dt} = \frac{(U_{M1} - I_{M1} \cdot R_M)}{L_M}; \\ \frac{dI_{M2}}{dt} = \frac{(U_{M2} - I_{M2} \cdot R_M)}{L_M}; \\ \frac{dS_1}{dt} = v_1; \\ \frac{dv_1}{dt} = \frac{F_1 - F_{y9} + F_{y8}}{m_{эн1}}; \\ \frac{dS_2}{dt} = v_2; \\ \frac{dv_2}{dt} = \frac{F_2 - F_{y1}}{m_{эн2}}; \end{array} \right. \quad (1),$$

где $U_{M1,2}$ – напряжения на обмотка возбуждения ЭМС, $I_{M1,2}$ – токи в обмотках возбуждения ЭМС, $R_{M1,2}$ – сопротивления соответствующих обмоток возбуждения ЭМС, $L_{M1,2}$ – индуктивность обмоток возбуждения ЭМС; S_1, S_2 и $v_{1,2}$ – линейные перемещения и скорости участков тяговой цепи, находящихся в зацеплении с приводными звездоч-

ками ЭП1 и ЭП2; F_1, F_2 – тяговые усилия соответствующих приводов; $m_{\text{ЭП1}}, m_{\text{ЭП2}}$ – массы вращающихся элементов электроприводов, приведенные к выходным звездочкам; $F_{\text{ун}}$ – силы упругого натяжения соответствующих участков тяговой цепи.

Тяговые усилия приводов F_1, F_2 вычислялись по следующей формуле [3];

$$F_n = F \cdot \sqrt{\text{Arctg}(a \cdot I_{\text{мн}})} \cdot \left(1 - \frac{v_{\text{мн}}}{v_0}\right) / \left(1 - b \cdot \frac{v_{\text{мн}}}{v_0}\right) \quad (2),$$

где v_0 – синхронная скорость ЭМС, приведенная к приводной звездочке; a и b эмпирические коэффициенты, учитывающие конструктивные особенности ЭМС [4].

Дифференциальные уравнения для сосредоточенных масс $m_1 - m_7$ имеют следующий вид:

$$\frac{dv_n}{dt} = \frac{F_{\text{ун}} - F_{\text{ук}}}{m_n} \quad (3),$$

где v_n, m_n – скорость и масса соответствующего участка тяговой цепи, $F_{\text{ун}}$ и $F_{\text{ук}}$ – усилия, приложенные к началу и концу участков тяговой цепи.

Автоматическое защитное ограничение электромагнитного момента в модели иммитировалось путем снятия напряжения возбуждения U_{m1} и U_{m2} с обмоток ЭМС:

$$U_n = \begin{cases} 80\text{В}, & \text{если } F_n \leq F_{\text{дон}} \\ 0, & \text{если } F_n > F_{\text{дон}} \end{cases} \quad (4),$$

где $F_{\text{дон}}$ – допустимое тяговое усилие ЭМС, приведенное к приводной звездочке.

Моделирование динамических процессов в ВСП при заклинивании корпуса комбайна проводилось для следующих начальных условий: скорость перемещения корпуса комбайна – 8 м/мин, длина рабочего участка тяговой цепи – 10м, длина нижнего холостого участка тяговой цепи – 300 м, $F_{\text{дон}}=25000$ Н. Получена следующая зависимость усилия упругого натяжения F_9 с момента времени аварийного заклинивания $t=0$ (рис. 3).

С момента заклинивания ($t=0$) усилие F_9 возрастает и через 2 с достигает 33000 Н, в основном, за счет энергии вращающихся инерционных масс электропривода (рис. 3).

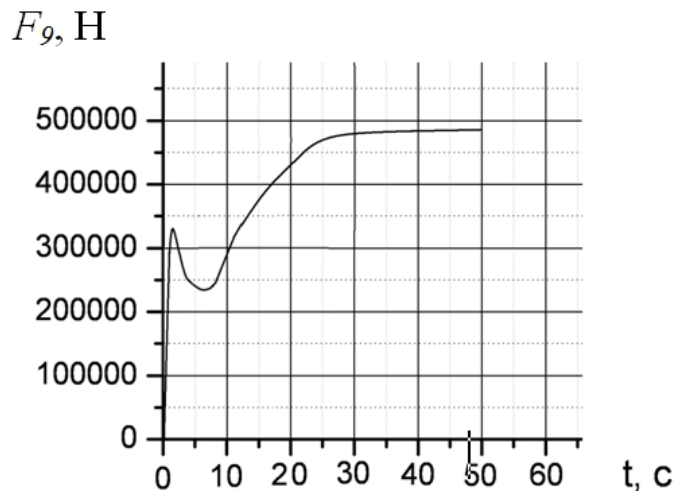


Рис. 3. – Залежність сили пружного натягнення верхнього робочого участку тягової ланки ВСП F_9 від часу з моменту аварійного заклинювання корпусу комбайна.

С моменту часу $t=6$ с після зниження величини F_9 преобладає процес складання тягових сил електроприводів за допомогою пружного натягнення нижнього участку тягової ланки. Сила F_9 зростає і в момент часу $t=8$ с досягає значення $F_9=25000$ Н, а при $t=30$ с досягає значення $F_9=49000$ Н, що може перевищити силу розриву тягового органу.

Висновки і напрямлення подальших досліджень.

1. Процес жорсткого заклинювання корпусу комбайна з ВСП, оснащеною системою автоматичного обмеження тягової сили кожного електропривода, характеризується відносно великою тривалістю перехідного процесу наростання динамічної навантаження (до 30 с і вище), що узгоджується з результатами теоретичних і експериментальних досліджень, наведених в роботі [2].

2. Автоматичне обмеження тягових сил кожного з приводів ВСП при аварійному заклинюванні недостатньо ефективно внаслідок процесу їх складання і зростання динамічної навантаження до аварійно небезпечної величини.

3. Достатньо велика тривалість процесу наростання навантаження при заклинюванні корпусу комбайна робить можливим забезпечити ефективну захист системи від перевантажень, наприклад, автоматичним захисним відключенням електроприводів ВСП через 5-8 с з моменту зупинки корпусу комбайна.

4. Направление дальнейших исследований целесообразно посвящать обоснованию способа автоматического определения момента жесткого заклинивания тяговой цепи ВСП

Список литературы

1. Серов Л.А. Устройства управления и системы регулирования угледобывающих машин / Л.А. Серов. – М.: Недра, 1995. – 167 с.: ил.
2. Кондрахін В.П. Електричні механізми переміщення очисних комбайнів / В.П. Кондрахін, В.В. Косарев, М.І. Станднік; під заг. ред. В.П. Кондрахіна. – Донецьк: технопарк ДонНТУ УНИТЕХ, 2010. – 257 с.
3. Сидоренко И.Т. Переходные процессы в системе подачи угольных комбайнов с электромагнитными муфтами скольжения / И.Т. Сидоренко, С.В. Дубинин // Изв. вузов. Горный журнал. – 1988. – №12. – С. 88-93.
4. Щетинин Т.А. Электромагнитные муфты скольжения / Т.А. Щетинин. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 270 с.

Стаття надійшла до редколегії 28.10.2011.

Рецензент: д-р техн. наук. проф. Ковальов Є.Б.

С.В. Дубинін. Дослідження перехідних процесів у двохприводній автоматизованій винесеній системі подачі очисного комбайна при аварійному заклинюванні тягового ланцюга. Виконаний аналіз впливу параметрів автоматизованої винесеної системи подачі вугільного комбайна на величину динамічних навантажень в аварійному режимі. У функції запропонованої системи управління входить обмеження динамічних перевантажень у системі при аварійному заклинюванні тягового ланцюга.

Ключові слова: винесена система подачі, електромагнітна муфта ковзання, динамічне навантаження, математична модель, диференціальні рівняння.

S. Dubinin. An Investigation of Transient Processes in the Automated Remote System of Shearer in the Event of Accidental Bit of Traction Chain. The analysis of automatic parameters of control system influence on the dynamic loads in an emergency mode is conducted. The functions of the proposed management system include limitation of dynamic overload in the system of emergency bit of traction chain.

Keywords: moved supply system, electromagnetic clutch slip, dynamic loading, mathematical model, differential equations.

© Дубинин С.В., 2012