

О КОНСТРУКЦИИ ТЯГОВОГО ПРИВОДА КЛАССА II ЛОКОМОТИВА

У роботі наводиться нова конструкція тягового привода класу II локомотива і системи його підвішування з урахуванням само встановлення її елементів.

В работе представлена новая конструкция тягового привода класса II локомотива и система его подвешивания с учетом самоустановки ее элементов.

In this paper the new construction of drug device of class II and its suspension system are described.

Введение. Тяговый привод является наиболее сложным и ответственным узлом экипажной части локомотива. Не случайно при создании новых локомотивов и поиске новых решений по системам тяги одной из основных и сложных задач является выбор схемы и конструкции тягового привода как механизма.

Привод при его размещении в тележке должен обеспечивать минимальный момент инерции тележки относительно вертикальной оси, вокруг которой происходят угловые колебания в горизонтальной плоскости [1].

Постановка задачи. При конструировании тягового привода необходимо предусмотреть минимальную паразитную связь между относительными вертикальными перемещениями буксы и рамы тележки и угловыми колебаниями якоря двигателя. Паразитная связь порождает динамические нагрузки в приводе, повышает динамическую жесткость буксового узла при вертикальных перемещениях, ухудшает показатели по воздействию на путь, приводит к неравномерному нагружению рамы тележки и вызывает ее перекося.

Поэтому поиск возможных решений, способствующих уменьшению этих перекосов, а также усовершенствование конструкции с учетом самоустановки ее элементов – задача достаточно актуальная.

Научные результаты. Существуют две схемы передачи нагрузок от двигателя на раму тележки: консольная и безмоментная. Консольная схема подвешивания двигателей используется на тележках электропоездов с двигателями мощностью до 250 кВт (электропоезда типов EP, E). Однако с ростом мощности двигателей увеличивается их масса, растут инерционные, а также реактивные силы, вызванные тяговым моментом, и становится необходимым применять более прогрессивную схему крепления тяговых двигателей – безмоментную. Особен-

ность ее заключается в том, что двигатель опирается на две поперечные балки рамы тележки – центральную и концевую или специальную дополнительную балку, связанную с поперечными балками рамы болтовыми соединениям (электровозы типов ЧС1, ЧС3, ЧС2).

Эффективным средством улучшения динамических свойств привода с опорно-осевыми ректорами является рациональный выбор угла наклона реактивной тяги подвески редуктора [1]. Если тяга горизонтальна, то вертикальные поступательные перемещения колесной пары (вследствие игры пружин) не вызывают дополнительного поворота якоря. При этом кардан должен быть рассчитан на полную игру пружин. При вертикальной или наклонной тяге условие хорошей динамики не выполняется. Однако имеются недостатки привода, которые при эксплуатации электровоза в значительной степени влияют на интенсивные износы в деталях привода.

Созданный в Украине на базе Научно-производственного комплекса «Днепропетровский электровозостроительный завод» магистральный электровоз типа ДС3 с асинхронным тяговым двигателем имеет тяговый привод класса II и безмоментную схему крепления тяговых двигателей.

В тяговом приводе электровоза ДС3 использованы хорошие технические решения: двойной зубчатый кардан, который (как простейший механизм) имеет пять степеней подвижности; редуктор имеет шевронные зубья, что способствует самоустанавливанию ведомого колеса по отношению к ведущему, в шарнирных соединениях использованы резинометаллические втулки, сферические подшипники.

Кроме того, следует отметить, что связь между рамой тележки и кузовом не шкворневая, а выполнена при помощи шарнирных тяг. Одна-

ко ходовые динамические испытания электро-воза ДСЗ показали, что пружины тележки имеют неодинаковую нагруженность. Это происходит потому, что редукторы (передаточного механизма) расположены в разных плоскостях по ширине тележки, а их окружные силы F

имеют различные направления. Окружная сила, действующая в редукторе одного привода, направлены вверх под углом 15° к вертикали, а окружная сила редуктора другого привода действует вниз под тем же углом к вертикали (рис. 1).

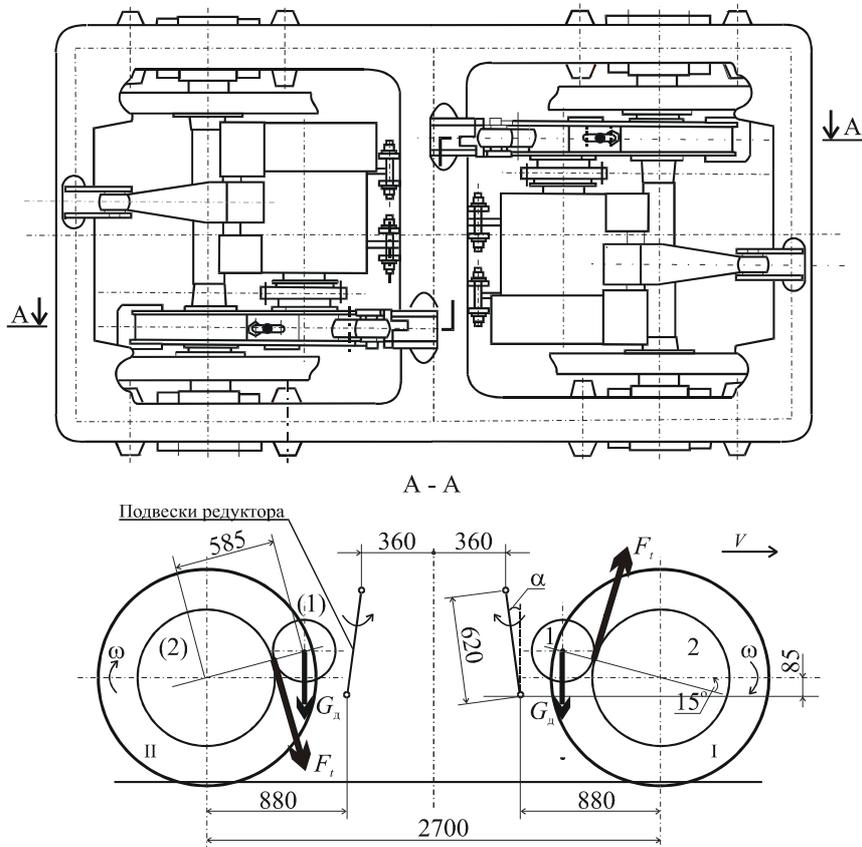


Рис. 1. Силы, действующие в тележке при создании силы тяги:

1, 2 – ведущее и ведомое зубчатые колеса I колесной пары; (1), (2) – ведущее и ведомое зубчатые колеса II колесной пары; \vec{V} – направление скорости движения тележки в режиме тяги; G_d – вес тягового двигателя с ведущим валом.

Противоположно направленные окружные силы, точки приложения которых не совпадают с центром симметрии тележки, вызывают косо-симметричное нагружение рамы тележки, кузова электровоза, что и было отмечено в работе [2].

Авторами в работе [3] также указано, что наличие двух приводов, косо-симметрично расположенных в тележке, приводит к косо-симметричному нагружению, действующему на раму тележки. Величина этого нагружения зависит от расположения тяговых электродвигателей, расположения точек подвешивания редукторов относительно геометрического центра тяжести, от мощности двигателя, а также от передаточного числа редуктора.

Известно, что при структурном синтезе вид кинематических пар необходимо выбирать так, чтобы детали (звенья) могли приспособивать-

ся к изменениям исходных точек звеньев при изменении их взаимного расположения как замыкающих (закрепленных на раме тележки). Для создания рационального механизма необходимо ликвидировать лишние связи, то есть получить статически определимую систему. Число лишних связей q определяется по формуле А. П. Малышева (для пространственной схемы) [4; 5]:

$$q = W - 6n + 5p_1 + 4p_2 + 3p_3 + 2p_4 + p_5,$$

где W – число степеней подвижности системы; n – число подвижных звеньев; p_1, p_2, \dots, p_5 , – род кинематических пар.

Рассмотрим систему подвешивания тягового привода класса II магистрального грузопассажирского электровоза типа ДСЗ и составим структурную формулу подвешивания тягового двигателя (рис. 2).

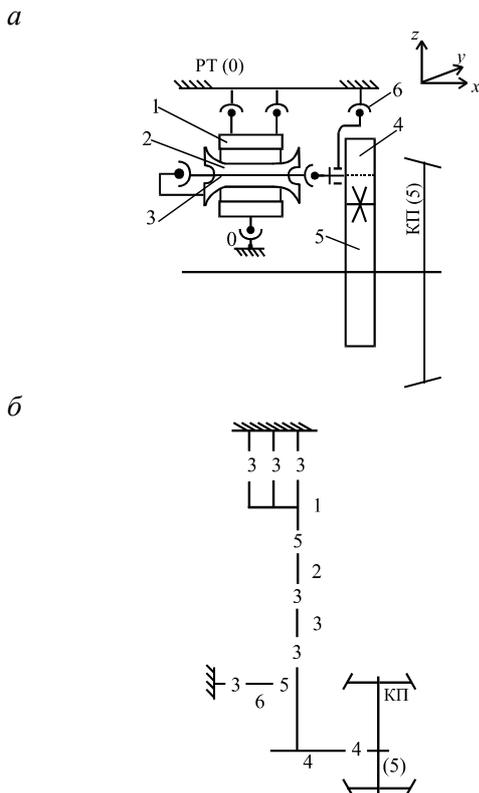


Рис. 2. Схема привода:

а) механическая система подвешивания тягового двигателя; б) структурная формула его подвешивания: 1 – статор тягового электродвигателя; 2 – ротор; 3 – зубчатый кардан; 4 – ведущая шестерня редуктора; 5 – ведомая шестерня редуктора (ось колесной пары); 6 – подвеска редуктора

Запишем кинематические пары рассматриваемого механизма:

$$p_1: 1-2, 4-6;$$

$$p_3: 1-0, (1)-0, (1)-0, 2-3, 3-4, 6-0;$$

$$p_4: 4-5;$$

то есть $p_1 = 2$, $p_3 = 6$, $p_4 = 1$, $n = 5$.

Подвижность ведомой шестерни, то есть между рельсами и колесной парой могут быть двойками: если колесная пара не прижата гребнем к рельсу, то кинематическая связь будет пятого рода – наложено одно линейное условие связи по оси z , если колесная пара прижата гребнем к рельсу, то будет соединение по оси u и одно линейное условие по оси z .

Для механизма подвешивания тягового двигателя, который замыкается одной колесной парой, число степеней подвижностей должно быть равно $W = 5$.

За основу примем раму тележки, к которой прикреплена система подвешивания тягового двигателя.

Следовательно, число лишних связей

$$q = 5 - 6 \cdot 5 + 5 \cdot 2 + 3 \cdot 6 + 2 \cdot 1 = 5.$$

Настоящий анализ представлен структурной формулой на рис. 2, б, где цифрами обозначено количество вносимых кинематической парой связей, а черточкой или фигурой – звено системы с их порядковыми номерами.

Данный механизм спроектирован с пятью лишними связями, и его необходимо усовершенствовать.

Один из вариантов механизма скоростного тягового привода описан в книге Л. Н. Решетова [5], а также в а.с. СССР 1523441 [6]. Этот привод имеет электродвигатель, двухступенчатый редуктор, в котором между ведущей и ведомой шестернями дополнительно установлена промежуточная шестерня, конструкция которой обеспечивает самоустановление зубьев шестерен, находящихся в зацеплении.

Заслуживает внимания и техническое решение, приведенное в а.с. СССР 1093585 [7]. Здесь оборудование подвески механизма привода локомотива имеет дополнительные реактивные тяги, которые шарнирно связаны с механизмом, между собой и рамой тележки, что обеспечивает дополнительную подвижность механизма привода и надежность его работы.

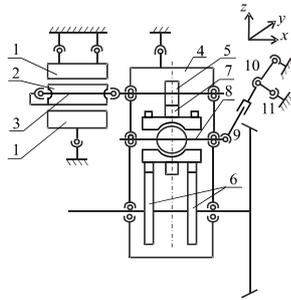
Однако недостатком этой конструкции тягового привода является то, что он может способствовать кососимметричному нагружению рамы тележки в случае ее шарнирного соединения с кузовом (что имеет место в конструкции электровоза ДСЗ).

На основе настоящих исследований относительно устранения крутильного момента, вызывающего кососимметричное нагружение пружин первой ступени рессорного подвешивания тележки локомотива, а также ликвидации перекоса рамы двухосной тележки при наличии двух кососимметрично расположенных тяговых приводов, в данной работе приведена новая конструкция тягового привода, подтвержденная декларационным патентом [8].

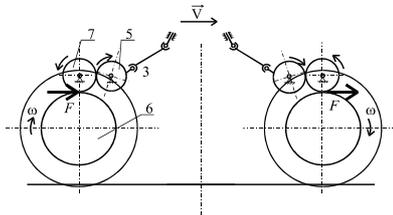
На рис. 3, а представлен один тяговый привод локомотива. Он состоит из электродвигателя 1, его ротора 2, в середине которого находится торсионный вал 3, корпуса редуктора 4, в котором между ведущей 5 и ведомой 6 шестернями установлена промежуточная шестерня 7, конструкция которой способствует самоустановлению зубьев шестерен, соединенных между собой, вала промежуточной шестерни 8, реактивной тяги 9, длина которой регулируется, и дополнительных реактивных тяг 10 и 11, шарнирно закрепленных на раме тележки. Ведущая шестерня состоит из двух зубчатых колес, которые закреплены на оси колесной

пары, имеют косые зубья и обуславливают шевронную передачу. Оси промежуточной и ведомой шестерни расположены на одной вертикальной оси (рис. 3, б), что позволяет радикальным силам F находиться в одной, горизонтальной плоскости и при условии, что эти силы находятся на одинаковом расстоянии от продольной оси тележки, можно ликвидировать крутящий момент.

а



б



в

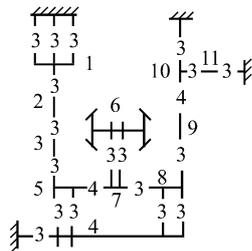


Рис. 3. Схема привода:

а) кинематическая схема тягового привода локомотива; б) схема размещения зубчатых колес передаточного механизма; в) структурная формула разработанной конструкции тягового привода класса II локомотива.

Запишем кинематические пары спроектированного механизма (см. рис. 3, а):

$$p_1: 1-2; \quad p_2: 5-7, 9-10;$$

$$p_3: 1-0, (1)-0, (1)-0, 7-8, 9-8, 10-0,$$

$$4-0, 2-3, 3-5, 5-4, 8-4, (5)-(4),$$

$$(8)-(4), 11-0, 10-11, 6-7, (6)-(7),$$

то есть $p_1 = 1$, $p_2 = 2$, $p_3 = 17$, $n = 11$.

Подвижность ведомой шестерни 6, которая жестко закреплена на оси колесной пары, может быть двоякой: если колесная пара не прижата гребнем обода к рельсу, то кинематическая связь пятого рода, то есть наложено одно линейное условие связи по оси z ; если колесная пара прижата

гребнем к рельсу, то будет связь по оси y и одно линейное условие связи по оси z .

Для механизма подвешивания тягового двигателя, который замыкается одной колесной парой, число степеней подвижности должно равняться $W = 5$.

За основу примем раму тележки, к которой закреплена система подвешивания тягового двигателя. Тогда, число лишних связей

$$q = 5 - 6 \cdot 11 + 5 \cdot 1 + 4 \cdot 2 + 3 \cdot 17 = 3.$$

Анализ механизма тягового привода представим структурной формулой (рис. 3, в).

Вывод. Спроектированный механизм тягового привода и система его подвешивания имеет две лишние связи меньше по сравнению с существующим приводом на электровозе типа ДСЗ. Противоположно направленные окружные силы за счет введения в конструкцию промежуточной шестерни лежат в одной горизонтальной плоскости и находятся на одинаковом расстоянии от продольной оси тележки, что может способствовать устранению крутящего момента, создающего кососимметричное нагружение пружин тележки, а следовательно и ее рамы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бирюков И. В., Беляев А. И., Рыбников Е. К. Тяговые передачи электроподвижного состава железных дорог. – М.: Транспорт, 1986. – 256 с.
2. Особенности колебаний электровозов, имеющих подвешивание тягового привода класса II / Е. П. Блохин, М. Л. Коротенко и др. – Вісник ДНУЗТ. – 2005. – Вип. 8. – С. 21-22.
3. До питання зменшення перекосу рам візків локомотивів / Є. П. Блохін, О. М. Бондарів та ін. – Залізничний транспорт України. – 2004. – № 5. – С. 39-41.
4. Решетов Л. Н. Конструирование рациональных механизмов. – М.: Машиностроение, 1972. – 256 с.
5. Решетов Л. Н. Самоустанавливающиеся механизмы. Справочник. – М.: Машиностроение, 1979. – 272 с.
6. А.С. 1523441 СССР, В 61 С 9/15. Тяговый привод локомотива / А. А. Шаццлло. – № 4051971/27-11; Заявлено 08.04.86; Опубл. 23.11.89, Бюл. № 43. – 4 с.
7. А.С. 1093585 СССР, В 61 С 9/48. Устройство подвески механизма привода колесной пары локомотива / А. Г. Вольперт, Н. Н. Каменев, В. С. Гинзбург, А. Д. Штейнброк. – № 3548282/27-11; Заявлено 04.02.83; Опубл. 23.05.84, Бюл. № 19. – 2 с.
8. Патент на полезную модель № 19300. Украина. Тяговый привод локомотива / В. Я. Панасенко, И. В. Клименко (Украина). – 5 с., Опубл. 15.12.2006, Бюл. № 12.

Надійшла до редколегії 27.03.07.