**Алексей Владимирович
Владыкин**

Aleksey V. Vladykin

**Николай Олегович
Фролов**

Nikolay O. Frolov

Вибрация привода как внешний фактор при реализации тягового усилия локомотива

Drive vibration as an external factor in exercise of locomotive traction

Аннотация

Тенденции, обусловленные ежегодным увеличением в эксплуатационном парке доли локомотивов с асинхронным тяговым приводом, заставляют более ответственно относиться к качеству реализации тягового усилия, на которое влияет ряд внутренних и внешних факторов, в том числе вибрация привода. В данной статье раскрываются аспекты совершенствования управления асинхронным тяговым приводом за счет реализации системы фиксирования колебаний, возникающих в приводе под воздействием внешних факторов.

Ключевые слова: электроподвижной состав, асинхронный тяговый привод, реализация силы тяги, вибрация.

DOI: 10.20291/2311-164X-2015-4-50-52

Summary

Trends driven by annual increase in the share of locomotives with asynchronous traction drive in locomotive stock set higher requirements to the quality of exercise of traction, which is affected by a number of internal and external factors, including vibration of actuator. This article describes aspects of improving asynchronous traction drive control through a system fixing vibrations in the drive caused by external factors.

Keywords: electric stock, asynchronous traction drive, exercise of traction, vibration.

DOI: 10.20291/2311-164X-2015-4-50-52

Авторы Authors

Алексей Владимирович Владыкин, аспирант Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: alecs.usurt@mail.ru | **Николай Олегович Фролов**, канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Электрическая тяга» Уральского государственного университета путей сообщения (УрГУПС), Екатеринбург; e-mail: nfrolov@usurt.ru

Aleksey Vladimirovich Vladykin, Postgraduate Student, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg; e-mail: alecs.usurt@mail.ru | **Nikolay Olegovich Frolov**, PhD in Engineering, Associate Professor, Head of «Electric Traction» Department, Ural State University of Railway Transport (USURT), Ekaterinburg; e-mail: nfrolov@usurt.ru

Вопросу реализации тягового усилия в предельных условиях эксплуатации с точки зрения влияния внешних и внутренних факторов, а также повышения его эффективности уделялось немало внимания. К примеру, одним из направлений этой деятельности является совершенствование алгоритмов управления [1]. Широкое внедрение асинхронного тягового привода с регулируемым преобразователем частоты и развитой системой самодиагностики, способного реализовывать высокие значения силы тяги и осуществлять высокую степень защиты от факторов воздействия, таких как повреждения электрических систем и аппаратов (в дальнейшем будем называть их внутренними), вызывает высокий интерес со стороны ОАО «РЖД» и научных институтов. Такое положение дел позволяет поставить вопрос качества реализации тягового усилия на приоритетный уровень.

Стоит отметить, что на реализацию тягового усилия привода оказывает отрицательное влияние набор внутренних факторов, характер появления которых определяется последствиями, порожденными исключительно внутренними процессами привода. Один из внутренних факторов — влияние гармонического ряда напряжения питания на величину реализуемого момента привода. На рис. 1 приведена часть моментной характеристики одного из колес колесной пары при гармоническом питании привода.

Основываясь на рис. 1, можно выделить динамическую зависимость момента при конкретном уровне напряжения питания и частоты. Динамический уровень момента будет проходить по вершинам амплитудного значения измеренного момента. Кроме того, среднее значение реализуемого момента можно определить как статический уровень, который является полезной реализуемой величиной.

Рис. 1. Пример расчетного значения момента привода

Необходимо отметить, что на рис. 1 учитывается лишь влияние гармонического состава напряжения на выходное значение момента привода и берется во внимание следующий ряд допущений, таких как:

- ненасыщаемость магнитной системы;
- синусоидальность потока в воздушном зазоре;
- независимость магнитных полей друг от друга;
- плоскопараллельность магнитных полей;
- пренебрежение гистерезиса;
- пренебрежение ступенями подвешивания подвижной единицы;
- пренебрежение внутренними потерями редуктора.

Можно предположить, что влияние внутренних факторов на качество реализованной силы тяги еще существенней и требует ее полной оценки [2].

Таким образом, учет влияния всех внутренних факторов должен быть оценен в различных режимах и условиях работы привода с обязательной последующей оптимизацией. Эффективный синтез, позволяющий снизить потери в работе системы «двигатель — частотный преобразователь», достигим, к примеру, за счет оптимизации по критерию минимума тока статора с учетом потерь преобразователя при широтно-импульсной модуляции.

Помимо влияния внутренних факторов на реализацию тягового усилия повсеместно оказывают влияние внешние факторы. К внешним факторам следует относить влияние изменений заложенных характеристик узлов и агрегатов с учетом физического износа на работу подвижной единицы. Что касается привода, то, как правило, время воздействия этих факторов по сравнению с внутренними ограничено и вызвано условиями эксплуатации (повреждения и износ поверхности катания колес колесной пары, рельсовых плетей, системы подвешивания подвижной единицы, подшипников и т. д.).

Наличие внешних факторов может оказывать намного большее влияние на реализацию тягового усилия, приводя к более обширным скачкам момента и поднимая уровень динамической величины момента до недопустимого значения. Поскольку разница между статическим и динамическим уровнями момента увеличивается, то это приводит к растущей величине знакопеременных напряжений в пятне контакта колеса и рельса [3]. Наблюдается пульсирующее поведение колесной пары, что с высокой долей вероятности приводит к более частому срыву сцепления и в конечном итоге снижает заявленные тяговые свойства локомотива, особенно в предельных условиях эксплуатации.

С учетом того, что параметры электрической энергии, подающейся на двигатель, и параметры частоты вращения привода фиксируются системой самодиагностики, появляется возможность реализовать систему автоматического определения динамического момента и математически высчитать ее среднее значение. Расчет уровней момента позволяет проводить анализ реализованных значений и непрерывно сравнивать с уровнем, предварительно рассчитанным по имитационной модели, для выявления влияния внешних факторов на реализацию тягового усилия.

Для расчета используется уравнение баланса электрической и механической мощности:

$$U \cdot I = M \cdot \omega + \Delta, \quad (1)$$

где U — величина напряжения питания; I — величина потребляемого тока системой; ω — частота вращения привода; Δ — мощность потерь привода при определенной частоте вращения.

Тем самым, выполняя непрерывное косвенное измерение момента с помощью высокочувствительных датчиков измерения тока, напряжения и частоты вращения, представляется возможным реализовать систему фик-

сирования колебаний, возникающих в приводе под воздействием внешних факторов. Указанная система позволит определить последствия эксплуатационного износа, а также заблаговременно выявить неисправности, оказывающие влияние на реализацию тягового усилия.

Внедрение системы определения уровня вибрации без использования дополнительных датчиков позволит повысить ее эффективность без изменения начальной стоимости привода, а также существенно понизить стоимость жизненного цикла продукта, поскольку отсутствие дополнительных разъемных соединений повысит надежность системы и одновременно коэффициент готовности машины. **ИТ**

Список литературы

1. Мамедов З. А. Оптимальное управление асинхронным тяговым приводом электровоза в режимах пуска и торможения // Вестник РГУПС. — 2009. — № 4 — С. 22–27. — ISSN 0201–727X.
2. Владыкин А. В., Фролов Н. О. Математическое моделирование асинхронного тягового привода в системе Matlab/Simulink // Транспорт Урала. — 2015. — № 2 (45). — С. 82–86. — ISSN 1815–9400.
3. Владыкин А. В., Фролов Н. О. К вопросу о математическом моделировании влияния импульсного инвертора на процессы боксования колесной пары в предельных условиях эксплуатации // Инновационный транспорт. — 2015. — № 2 (16) — С. 36–37. — ISSN 2311–164X