

А.Б. Иванов, канд.техн.наук, П.В. Камышанский
(Україна, Дніпропетровськ, Національний горний університет)

ПОВЫШЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЯГОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПОСТОЯННОГО ТОКА РУДНИЧНЫХ ЭЛЕКТРОВОЗОВ

При эксплуатации рудничных электровозов одной из важных задач является задача повышения надежности тяговых двигателей. Как известно, понятие надежность - это свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения и технического обслуживания.

В современных системах управления тяговым электроприводом рудничных электровозов широко используются управляемые полупроводниковые преобразователи, что позволяет оптимизировать процессы пуска, торможения, регулирования скорости и повысить надежность, безопасность и экономичность систем электрического транспорта.

В качестве тяговых двигателей на рудничных электровозах используются электродвигатели постоянного тока последовательного возбуждения. Их особенностью является то, что любые изменения потребляемого ими тока вызывают изменения магнитного потока главных полюсов. В результате этого в коммутируемых секциях якоря двигателя индуцируется трансформаторная ЭДС e_T , переменная составляющая реактивной ЭДС e_p и переменная составляющая коммутирующей ЭДС e_k [1]. По этой причине пульсации тока и прерывание напряжения питания вызывают ухудшение коммутации и, как следствие, снижение срока службы и надежности тяговых электродвигателей рудничных электровозов.

Одним из методов улучшения условий коммутации тяговых электродвигателей является применение раздельного шунтирования обратными вентилями участков цепи двигателя последовательного возбуждения (рисунок).

Основной причиной ухудшения коммутации двигателя последовательного возбуждения при прерывистом питании являются пульсации тока возбуждения, вызывающие пульсации основного магнитного потока и наведение трансформаторной ЭДС в коммутируемых секциях обмотки якоря, которая не может быть скомпенсирована за счет поля дополнительных полюсов. Если обеспечить стабильность основного магнитного потока двигателя, то, даже при пульсациях

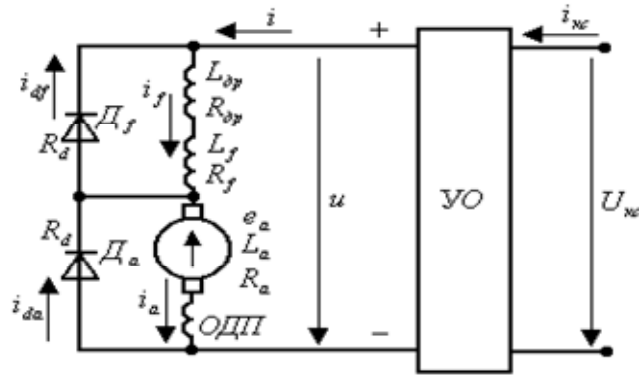


Схема отдельного шунтирования обратными вентилями участков цепи двигателя последовательного возбуждения

тока якоря, за которыми следуют соответствующие изменения поля дополнительных полюсов, условия работы щеточно-коллекторного узла будут оставаться благоприятными. Таким образом, задача обеспечения работоспособности тяговых двигателей при питании от контактной сети и применении системы подавления электрических разрядов может быть решена за счет ограничения величины пульсаций тока, протекающего по обмотке возбуждения двигателя, до требуемого значения, даже при сохранении значительных пульсаций тока, протекающего по обмотке якоря.

В схеме с отдельным шунтированием участков цепей якоря и обмотки возбуждения используется по два обратных вентиля D_f и D_a на каждый тяговый двигатель. В обычных схемах включения высокая скорость уменьшения тока якоря во время перерыва питания в значительной мере поддерживается, особенно в начальной стадии переходного процесса, в результате действия ЭДС вращения, направленной навстречу току якоря. При отдельном шунтировании участков цепи тягового двигателя обратными вентилями влияние ЭДС вращения локализуется в период паузы напряжения питания на участке $OЯ - OДП - D_a$, оказывая влияние на скорость спадания тока якоря, замыкающегося в указанном контуре. Скорость уменьшения тока возбуждения на том же отрезке времени определяется параметрами контура $OB - D_f - D_p$ (D_p – дроссель с индуктивностью L_p и сопротивлением R_p). Ввиду того, что ток данного контура в указанный период времени не зависит от ЭДС вращения якоря, скорость уменьшения тока возбуждения при отдельном шунтировании значительно меньше скорости тока якоря в данной схеме и в обычной схеме включения двигателя последовательного возбуждения. В результате величина пульсаций основного магнитного потока существенно уменьшается.

Так как величина пульсаций тока возбуждения зависит от параметров контура $OB - D_f - D_p$, то наличие силового дросселя D_p позволяет увеличить индуктивность данного контура и уменьшить величину пульсаций этого тока. После окончания паузы на отрезке времени, когда токи i_{df} и i_{da} равны нулю, восстанавливается основной путь протекания тока $i_a = i_f = i$, дроссель D_p так-

же способствует уменьшению пульсаций основного магнитного поля машины. Вместе с тем, если использовать дроссели достаточно большой индуктивности, то в силовой цепи электровоза и контактной сети полного разрыва цепи тягового тока не происходит. В связи с этим наличие сглаживающего дросселя в данной схеме имеет вспомогательное значение и может быть рекомендовано, когда применены токосъемные устройства, обуславливающие питание тяговых двигателей с повышенной скважностью напряжения, если при отсутствии дросселя пульсации тока возбуждения ненамного превышают допустимую величину.

В случае применения средств предупреждения дугообразования в токосъемных контактах производится прерывание тока при возникновении состояния, которое может привести к образованию электрического разряда, возникают пульсации тока тяговых двигателей. В двигателях последовательного и смешанного возбуждения возникают пульсации главного магнитного поля. Указанные явления вызывают появление добавочных переменных ЭДС в коммутируемых секциях. Среди них наиболее неблагоприятное влияние оказывает трансформаторная ЭДС, обусловленная пульсациями основного магнитного потока.

Очень часто тяговые двигатели рудничных электроприводов испытывают перегрузки, которые вызваны разного рода переходными процессами. Из существующих переходных электрических процессов наиболее трудным, с точки зрения коммутации, есть процесс, который вызывается отрывом токоприемника от контактного провода с последующим восстановлением контакта. Кроме того, перерыв питания, по разным причинам, может наступить в результате кратковременного отключения напряжения непосредственно на подстанции.

Известно, что под действием вихревых токов, которые возникают в магнитопроводе двигателей во время переходных процессов, изменение магнитного потока главных и добавочных полюсов замедляется относительно изменения тока электродвигателя. Это приводит к появлению броска тока в силовой цепи двигателя, повышению небалансной ЭДС Δe , а также переменной составляющей небалансной ЭДС De через возникновения значительной пульсации тока якоря. Переменная составляющая небалансной ЭДС согласно работе[2]

$$\Delta e_i = e_p + e_k + e_t . \quad (1)$$

Небалансная ЭДС, с учетом постоянных и переменных составляющих, тогда будет:

$$\Delta e = \Delta e_- + \Delta e_i = e_p - e_k - e_t + (e_p + e_k + e_t) . \quad (2)$$

Поэтому значительное возникновение De приводит к ухудшению коммутации. Для тяговых электродвигателей вопрос об их коммутации, при всяком роде переходных режимов и при разных условиях, имеет важное значение, поскольку в условиях эксплуатации стойкость двигателя относительно коммутации часто определяет его работоспособность.

Следовательно, применение способа отдельного шунтирования обратными вентилями участков цепи тяговых двигателей практически полностью устраняет вредное влияние трансформаторной ЭДС e_T (во время номинальных режимов работы) и в значительной мере небалансной ЭДС Δe (во время переходных процессов) на коммутацию тяговых электродвигателей рудничных электроприводов. А поэтому он может быть рекомендован как один из способов улучшения их коммутации при наличии переходных процессов и пульсации тока. Импульсы трансформаторной ЭДС в этом случае не превышают 0,25 В (при номинальном режиме), а переменная составляющая небалансной ЭДС Δe также существенно уменьшается.

Список литературы

1. Иоффе А. Б. Тяговые электрические машины / А. Б. Иоффе. – М.: Энергия, 1965. – 232 с.
2. Скобелев В. Е. Двигатели пульсирующего тока / В. Е. Скобелев – Л.: Энергия, 1968. – 231 с.