

ПРОБЛЕМА СКВОЗНЫХ ТОКОВ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО СТЕНДА НА ОСНОВЕ АСИНХРОННО-ВЕНТИЛЬНОГО КАСКАДА

И. В. ДОРОЩЕНКО, М. Н. ПОГУЛЯЕВ, В. С. ЗАХАРЕНКО

*Учреждение образования «Гомельский государственный
технический университет имени П. О. Сухого»,
Республика Беларусь*

Введение

Стенды для испытания трансмиссий и двигателей внутреннего сгорания должны обеспечивать инвариантность скорости и момента относительно друг друга при достаточно больших диапазонах регулирования. Современные стенды должны удовлетворять высоким требованиям, предъявляемым к управляемости, энергосбережению и ресурсосбережению [3], [4]. В настоящее время для проведения приемо-сдаточных испытаний двигателей внутреннего сгорания (ДВС) все более широко начинают

использовать энергосберегающие нагрузочные стенды на основе асинхронно-вентильных каскадов (АВК) (рис. 1). Данные стенды позволяют производить холодную и горячую обкатку ДВС с рекуперацией энергии скольжения в сеть, таким образом снижая энергозатраты.

Одним из детерминантов, характеризующим работу испытательного стенда на базе АВК, является выпрямленный ток в промежуточной цепи вентильного преобразователя. Как правило, при анализе работы асинхронно-вентильных каскадов выпрямленный ток в цепи ротора принимают идеально сглаженным. Следует отметить, что такое допущение справедливо в том случае, когда испытательный стенд работает с постоянной нагрузкой, близкой к номинальной, и сглаживающим реактором, индуктивность которого значительно превышает индуктивность асинхронной машины входящей в состав стенда. Электромеханические испытательные стенды должны работать с широким изменением нагрузочного момента и, следовательно, выпрямленного тока. Поэтому становится целесообразным рассматривать работу таких устройств с учетом реальной формы выпрямленного тока. Такой подход позволит определить зону прерывистых токов, использование асинхронной машины, входящей в состав испытательного стенда по моменту, значение индуктивности сглаживающего реактора, установленную мощность вентильных преобразователей.

Целью данной работы является оценка влияния сквозных токов на изменение нагрузочных характеристик автоматизированного электромеханического испытательного стенда на основе АВК на всем диапазоне рабочих скольжений, а также определение максимально-допустимых значений сквозных токов, при которых не нарушается работоспособность стенда.

Основная часть

В АВК с промежуточной цепью постоянного тока происходит совместная работа управляемой сетевой и неуправляемой роторной групп вентилей. При этом если средняя величина ЭДС инвертора всегда отрицательна, то мгновенное значение может иметь различный знак. Причем при мгновенном значении ЭДС, большем нуля, создаются условия для протекания сквозного тока, замыкающегося через вентили ротора [1].

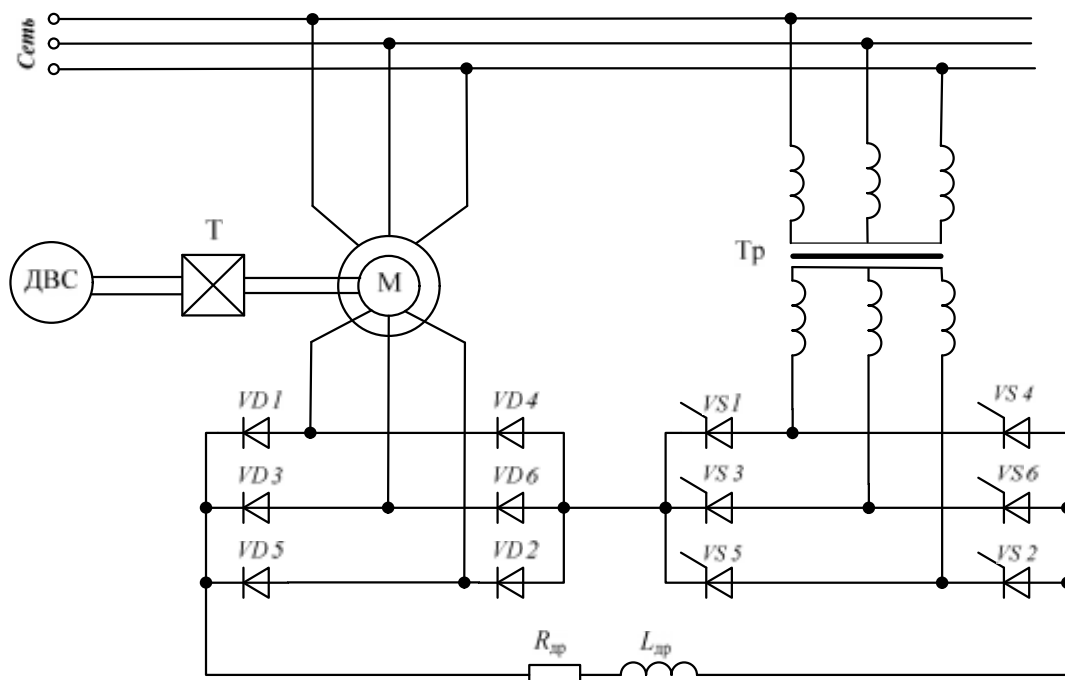


Рис. 1. Принципиальная схема испытательного стенда на основе асинхронно-вентильного каскада

Нагрузочные стенды должны работать с широким диапазоном изменения нагрузочного момента, поэтому необходимо рассматривать работу таких устройств с учетом реальной формы выпрямленного тока в цепи ротора.

При проведении испытаний при значении скорости, близкой к синхронной скорости АД входящего в нагружающую часть стенда, возникает сквозной ток, замыкающийся через вентили и не участвующий в создании нагрузочного момента и способный вызвать аварийный режим работы стенда (рис. 2).

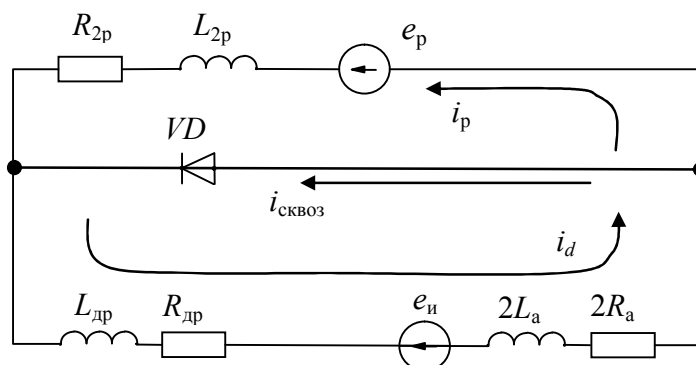


Рис. 2. Схема замещения для режима сквозных токов: $R_{2р}$, $L_{2р}$ – активное сопротивление и индуктивность фазы асинхронной машины, приведенное к ротору; R_a , L_a – активное сопротивление и индуктивность фазы трансформатора, приведенное к вторичной обмотке; $R_{др}$, $L_{др}$ – активное сопротивление и индуктивность дросселя; e_p , $e_и$ – выпрямленные значения ЭДС ротора и инвертора

Причиной возникновения сквозных токов (не протекающих по обмотке ротора) является появление положительных участков ЭДС инвертора, при углах управления $\alpha < 120^\circ$ в диаграмме выходных ЭДС (рис. 3). Из диаграммы следует, что при $\alpha > 120^\circ$ сквозные токи будут отсутствовать, но верхний предел скорости при этом будет менее $0,85 \cdot \omega_0$, что не всегда отвечает требованиям технического регламента приемосдаточных испытаний. С уменьшением угла α до 90° сквозной ток увеличивается,

становясь гранично-непрерывным. Сквозной ток имеет наибольшее значение при $\alpha = 90^\circ$ и холостом ходе асинхронной машины. С увеличением нагрузочного момента сквозной ток уменьшается на величину составляющей тока нагрузки.

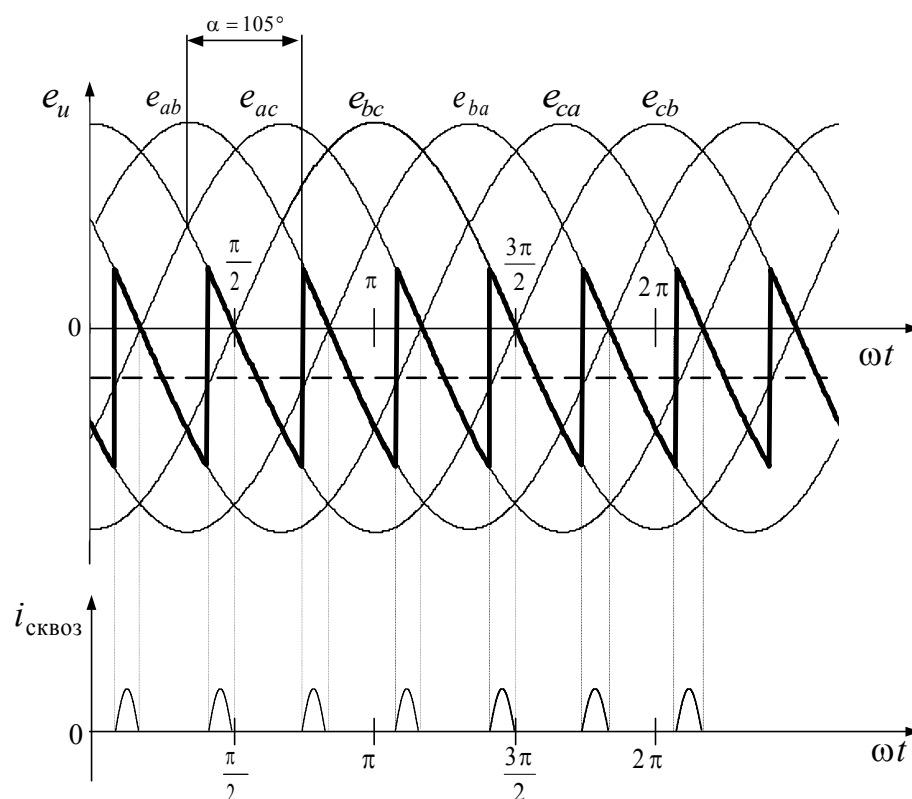


Рис. 3. Диаграммы выходных ЭДС и тока инвертора асинхронно-вентильного испытательного стенда

При определенных режимах сквозной ток может достигать большой величины, при этом он не участвует в создании электромагнитного момента асинхронной машины, а лишь дополнительно нагружает вентили преобразователей. Это приводит к снижению энергетических показателей испытательного стенда в целом.

Если иметь в виду, что расчет и выбор оборудования испытательного стенда производится исходя из номинального момента двигателя, то особую важность приобретает определение значения сквозных токов при $\alpha = 90^\circ$ при токе соответствующем номинальному моменту.

Следует отметить, что важное практическое значение имеет ширина зоны прерывистых токов. Механические характеристики в зоне прерывистых токов имеют излом, в результате частота вращения с уменьшением нагрузки резко возрастает. Для полного отсутствия тока в цепи ротора (режим холостого хода) необходимо, чтобы не среднее, а мгновенное значение ЭДС инвертора было больше или равно ЭДС роторного блока [2].

Были проведены экспериментальные исследования автоматизированного электромеханического стенда на основе асинхронно-вентильного каскада на базе асинхронного двигателя с фазным ротором МТФ-112-6 мощностью 5 кВт. Осциллограммы выпрямленного напряжения и сквозного тока приведены на рис. 4.

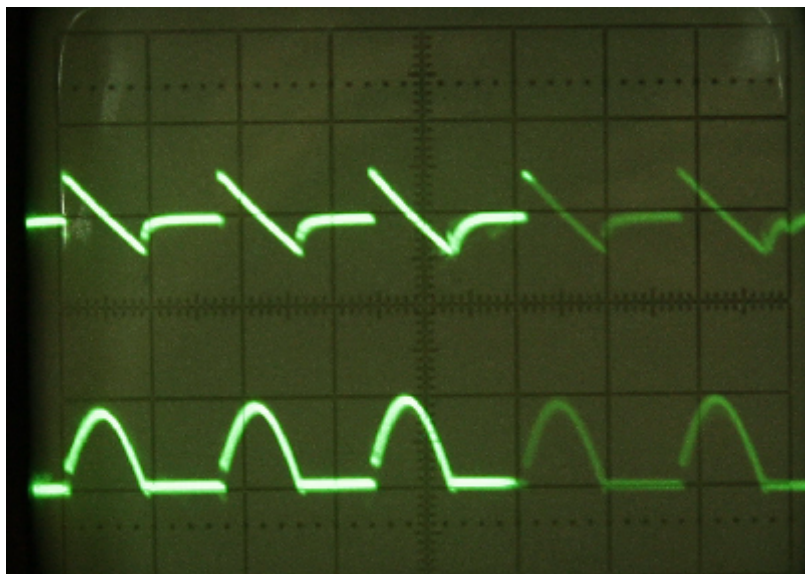


Рис. 4. Осциллограммы выпрямленного напряжения и сквозного тока при угле управления $\alpha = 115^\circ$

Осциллограммы выпрямленного напряжения и суммарного сквозного тока и тока нагрузки роторной цепи приведены на рис. 5.

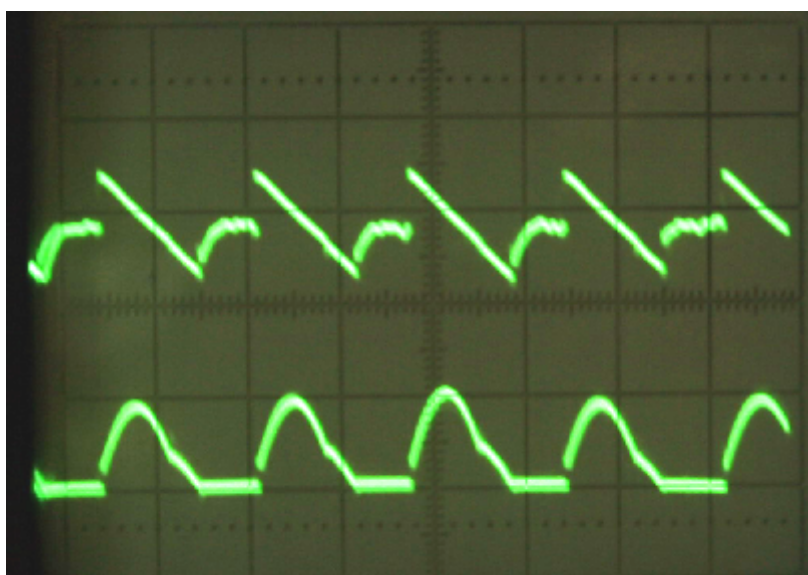


Рис. 5. Осциллограммы выпрямленного напряжения и суммарного тока (сквозного и тока нагрузки) при угле управления $\alpha = 115^\circ$

Увеличение диапазона регулирования частоты вращения приводит к возрастанию сквозного тока. Для увеличения верхней границы диапазона скоростей нагрузочного стенда рекомендуется устанавливать начальный угол управления таким, чтобы значение сквозного тока не превышало 10–15 % от номинального тока инвертора.

Для ограничения зоны прерывистого тока и сквозного тока, в цепь выпрямленного тока устанавливают дроссель, однако значительное увеличение индуктивности приводит к недоиспользованию асинхронного двигателя по моменту.

Заключение

В результате расчетов и экспериментальных исследований установлено, что задавая начальное значение сквозного тока в пределах 10–15 % от номинального тока инвертора, можно обеспечить максимальное значение рабочей скорости близкое к номинальной

скорости асинхронной машины, при этом аварийный режим работы АВК не возникает. Отметим, что при определении индуктивности сглаживающего дросселя необходимо задаться максимально допустимыми для конкретного испытательного стенда значениями прерывистого и сквозного тока.

Литература

1. Асинхронно-вентильные нагружающие устройства / С. В. Хватов [и др.]. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 144 с.
2. Дорощенко, И. В. Механические характеристики автоматизированного электромеханического испытательного стенда на основе асинхронно-вентильного каскада / И. В. Дорощенко // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – 2011. – № 2. – С. 68–72.
3. ГОСТ 15846. Двигатели автомобильные. Методы стендовых испытаний. – М. : Стандарты.
4. ГОСТ 18509. Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний. – М. : Стандарты.
5. Техническое обслуживание и ремонт машин в сельском хозяйстве / В. И. Черноиванов [и др.] ; под. ред. В. И. Черноиванова. – М. : ГОСНИТИ, 2003.
6. Гюнтер, Г. Диагностика дизельных двигателей / Г. Гюнтер ; пер. с нем. – М. : «КЖИ «За рулем», 2004.

Получено 26.12.2011 г.