

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПУЛЬСАЦИЙ МОМЕНТА ВЕНТИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ НА СКОРОСТЬ БЕЗРЕДУКТОРНОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА

При разработке низкоскоростного безредукторного вентильного электропривода разработчики сталкиваются с проблемой неравномерности момента вентильного двигателя [1], которая в свою очередь влияет на неравномерность скорости. В данной статье рассматривается безредукторный вентильный электропривод стабилизирующий скорость кабины лифта, система управления которого построена по классическому методу подчиненного регулирования [3,9].

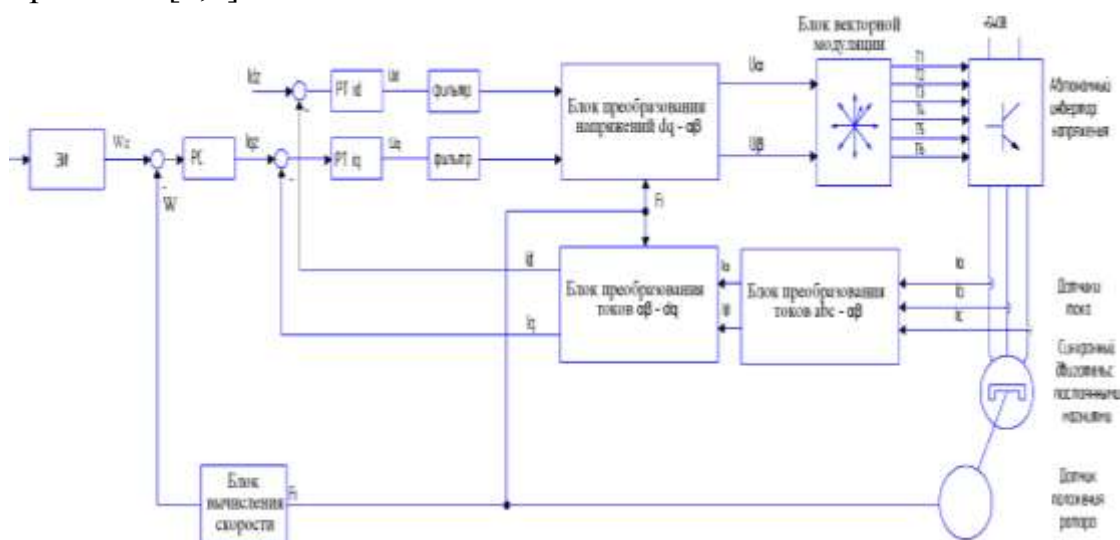


Рис.1. Функциональная схема алгоритмов управления

Регулятор скорости является задающим для регулятора моментной составляющей тока I_q , который в свою очередь управляет вентильным двигателем с нелинейной зависимостью развиваемого момента M и I_q [1]. У контуров скорости и тока имеется конечное быстродействие, а значит, такая система с помощью регулятора скорости не может подавить колебания скорости, вызванные нелинейностью преобразования тока в момент. А подчиненное регулирование с последовательными контурами скорости и тока применяется для того, чтобы обеспечить компенсацию внутренних переменных

[9], иначе приходится иметь дело с нелинейным объектом, регулятор для которого сложно реализовать.

В идеальной вентильной машине с синусоидальной МДС возбуждения, с отсутствующим зубцовым моментом, магнитоэлектрический момент не содержит высших гармоник при постоянстве токов I_d , I_q и определяется так [1,4]:

$$T_{ME} = pL_0 I_{M1} \left(-I_a \sin \theta - I_s \sin \left(\theta - \frac{2\pi}{3} \right) - I_c \sin \left(\theta + \frac{2\pi}{3} \right) \right) = \frac{3}{2} pL_0 I_{M1} I_q = \frac{3}{2} K_T I_q. \quad (1)$$

Таким образом, при распределении МДС возбуждения по синусоидальным законам высшие гармоники МДС фаз не вызывают появления высших гармоник магнитоэлектрического момента идеального ВД, чего нельзя сказать о реальном.

Измерение момента в статическом режиме при неизменном I_q

Способ измерения момента показан на рисунке 2.

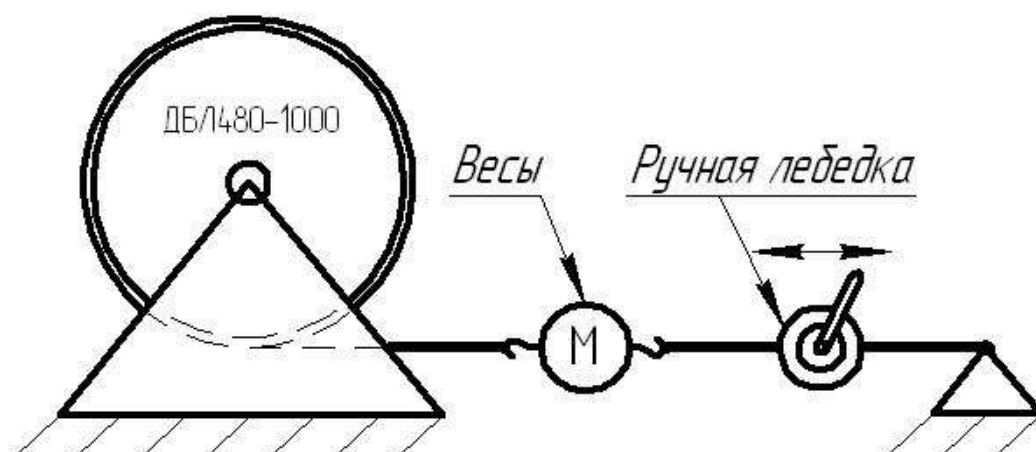


Рис.2. Способ измерения момента

В обмотках ВД был установлен ток $I_q = const$, развивающий электромагнитный момент. С помощью ручной лебедки, ротор двигателя проворачивался на небольшой угол и после того как токи стабилизировались на заданном уровне, измерялся электромагнитный момент.

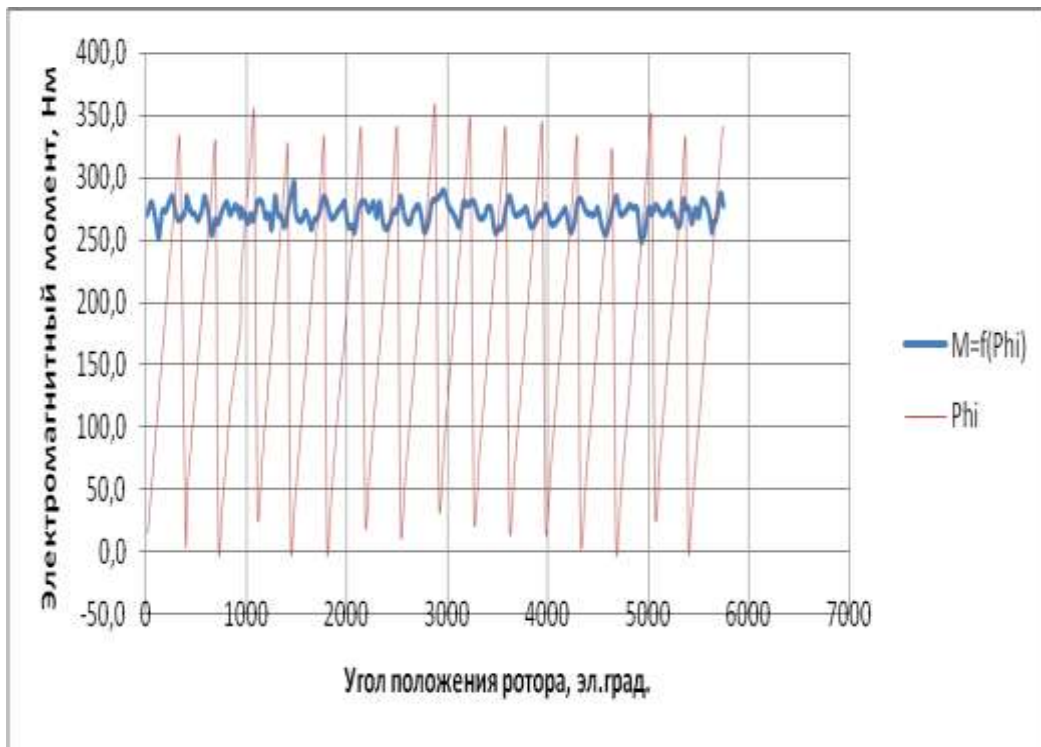


Рис.3. Пульсации момента

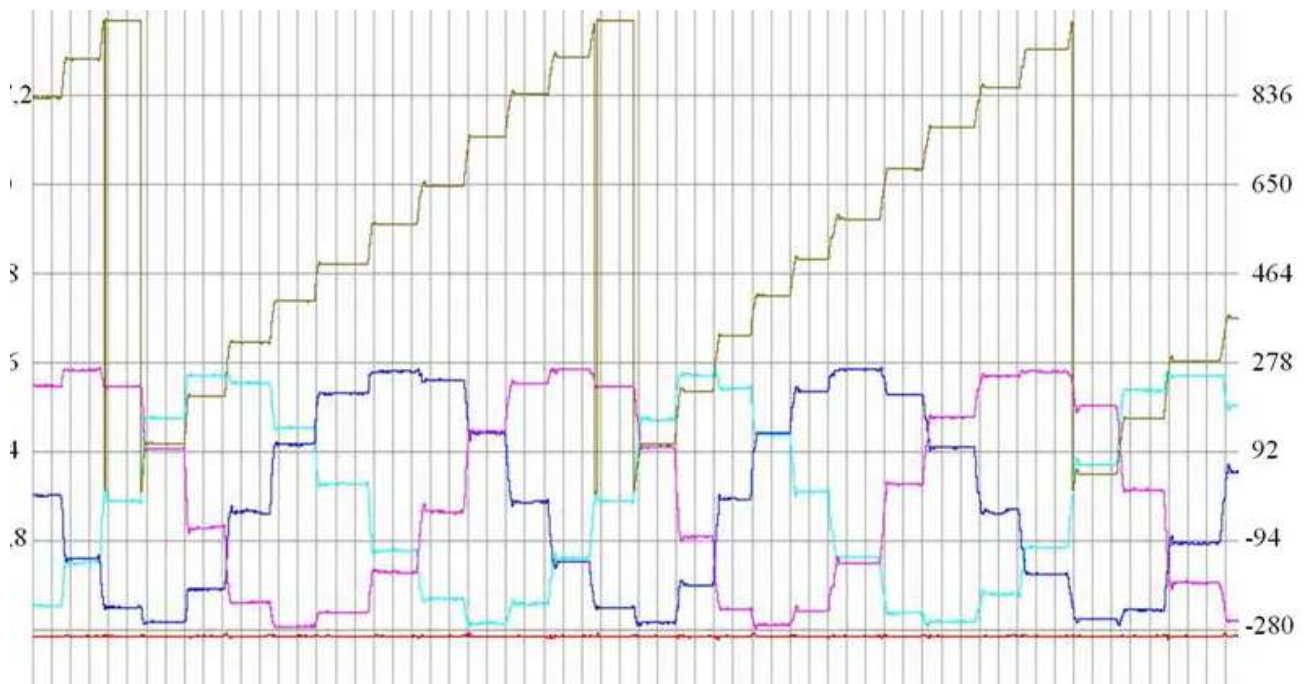


Рис.4. Увеличенный фрагмент: токи фаз, угол, ток I_d

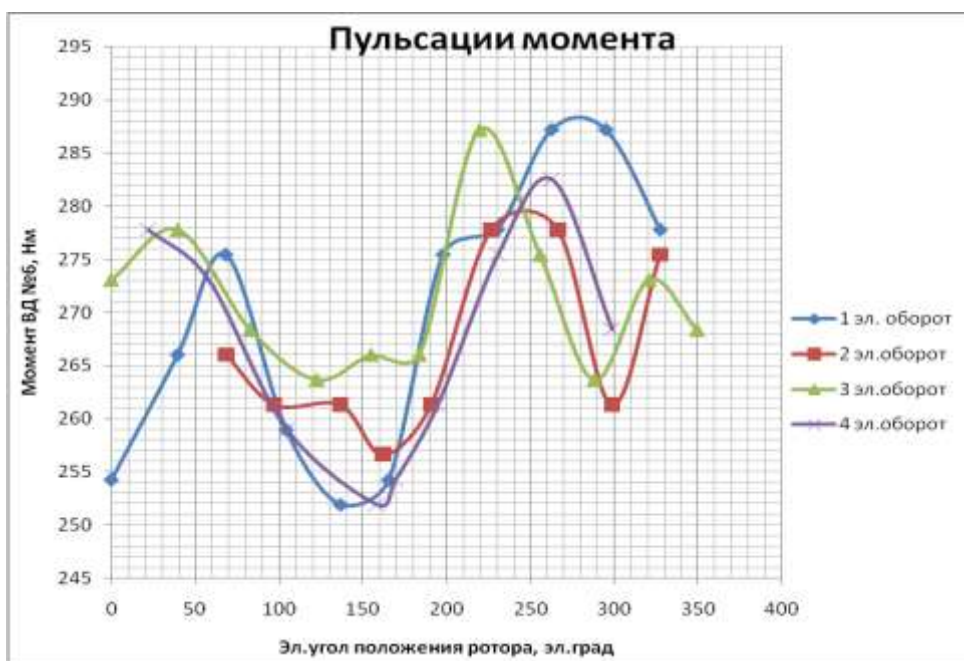


Рис.5. Изменение момента двигателя на четырех электрических оборотах при $I_q=const$

Таким образом, пульсации момента ВД при $I_q=const$, составили $\pm 5\%$

Измерение тока при вращении ВД с замкнутыми обмотками статора

Эксперимент был проведен на испытательной лифтовой шахте. Разновес составлял 200 кг при диаметре канатоведущего шкива 400 мм. Обмотки статора ВД были замкнуты накоротко, после чего ВД был расторможен и нагруженная кабина стала опускаться, создавая при этом $M=const$. Частота вращения поля составила 1,8Гц.

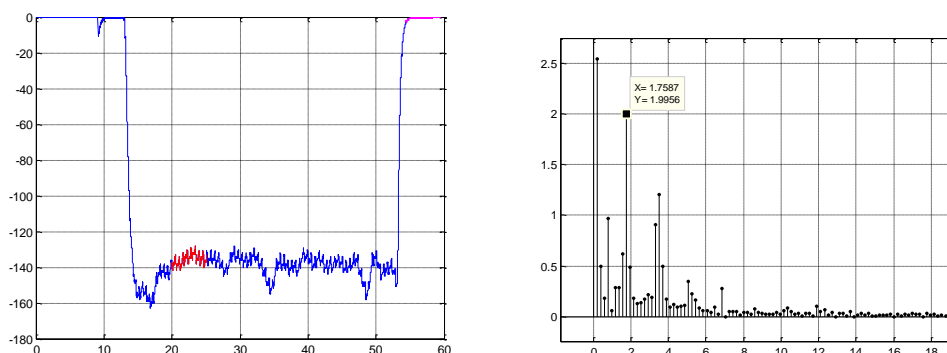


Рис.6. Анализ скорости ВД при короткозамкнутом статоре

Из скорости, можно выделить ряд высших гармоник с наибольшей амплитудой 2%, на частоте электрического оборота.

Составляющая тока I_q :

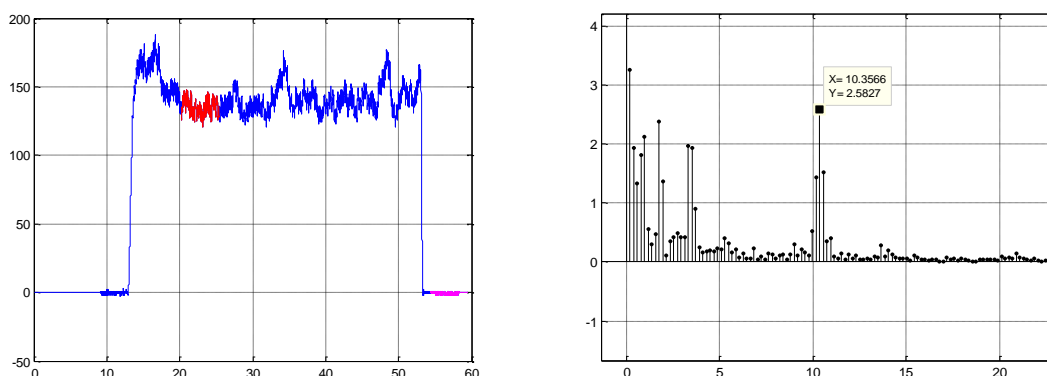


Рис.7. Анализ составляющей тока I_q

Из составляющей тока I_q , также можно выделить ряд высших гармоник с наибольшей амплитудой 7%.

Из выше представленных записей можно сделать вывод, что скорость имеет колебания и при закороченных обмотках ВД, что подтверждает эксперимент в п.2.

Измерение I_q при работе в режиме поддержания низкой скорости.

Эксперимент проводился при тех же условиях, которые были указаны в п.3. С отличием того, что была подключена система регулирования скорости. Движение на пониженной скорости 0.08м/с.

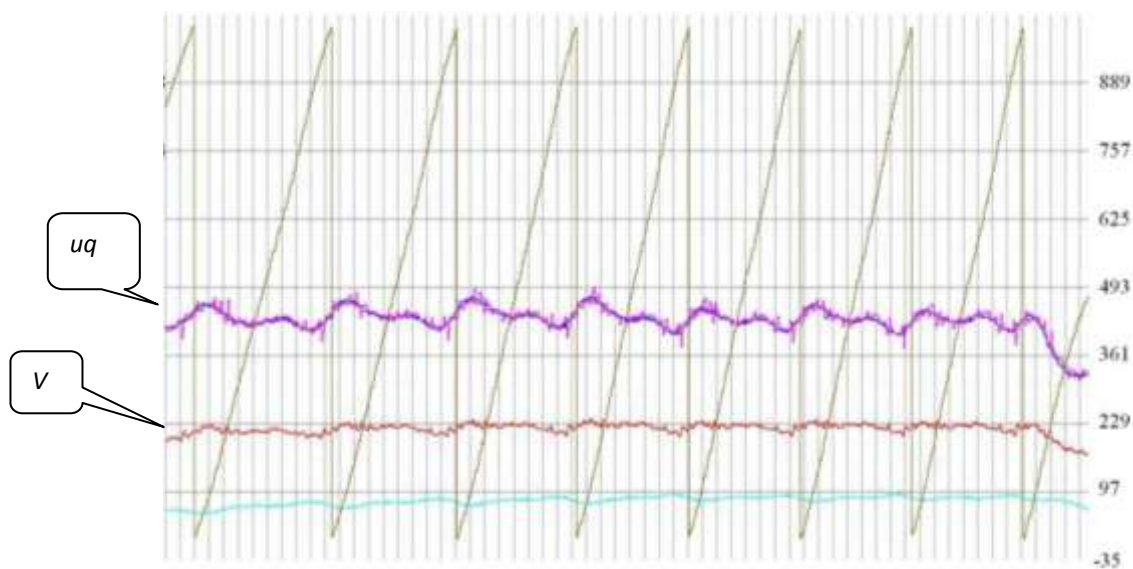


Рис.8. Движение на скорости 0.08м/с

Видны пульсации скорости, которые вызываются пульсациями момента.

В результате практических испытаний было выяснено, что существующая система управления скоростью лифта с ВД, пульсации момента которого достигают $\pm 5\%$ не может удовлетворить требованиям ГОСТ, где указано, что виброскорость пола кабины не должна превышать 0.0006м/с .

Данные исследования проводились на двух двигателях одной серии. Были получены примерно одинаковые результаты, которые позволили определить зависимость момента от тока на электрическом периоде. На основании этой зависимости может быть создана корректировочная таблица. Данные корректировочной таблицы должны быть учтены при формировании составляющей напряжения U_q . Моделирование с учетом вводимой по формируемому моменту неравномерности показало, что если учитывать данную неравномерность в управлении, то можно значительно уменьшить колебания скорости.

Стоит отметить, что неравномерность момента ВД вызывают не только конструктивные особенности, но и погрешности измерения угла положения ротора и токов, которые также автоматически могут быть учтены в корректировочной таблице.

Литература

1. Балковой А. П., Цаценкин В.К. Прецизионный электропривод с вентильными двигателями. М.: Издательский дом МЭИ, 2010. – 328 с.
2. Зюзев А.М. Математические модели механической части электроприводов. Екб.: УрФУ, 2010. – 154 с.
3. Виноградов А.Б. Векторное управление электроприводами переменного тока. Иваново.: ИГЭУ, 2008. – 298 с.
4. Ледовский А.Н. Электрические машины с высококоэрцитивными постоянными магнитами. М.: Энергоатомиздат, 1985. – 168 с.
5. Вейнгер А.М. Регулируемый синхронный электропривод. М.: Энергоатомиздат, 1985. – 224 с.
6. Аракелян А.К, Афанасьев А.А. Вентильный электрические машины и регулируемый электропривод. т.1,2. М.: Энергоатомиздат, 1997. – 509 с, 498 с.
7. Овчинников И.Е. Вентильные электрические двигатели и привод на их основе. Спб.: Корона-Век, 2007. – 336 с.

8. *Соколовский Г.Г.* Электроприводы переменного тока с частотным управлением. М.: Академия, 2006. – 265 с.

9. *Шрейнер Р.Т.* Системы подчиненного регулирования электроприводов. Часть 1 Электроприводы постоянного тока с подчиненным регулированием координат: Учебное пособие для вузов. Екатеринбург: УрГПУ, 1997. – 279 с.