

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО БАЛАНСА МОЩНОСТИ В РОТОРНОЙ ЦЕПИ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СТЕНДОВ НА ОСНОВЕ АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ С ФАЗНЫМ РОТОРОМ ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

И. В. Дорощенко

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

Научный руководитель В. В. Тодарев

В последнее время наблюдается тенденция к производству энергонасыщенной сельскохозяйственной техники, соответственно возрастает и ее стоимость. Обеспечить длительную и безаварийную работу такой техники можно при условии своевременного и качественного ремонта наиболее ответственных ее узлов и агрегатов – двигателей внутреннего сгорания. В связи с этим возникает необходимость в качественных испытаниях агрегатов после ремонта. В последнее время наблюдается рост мировых цен на энергоресурсы, таким образом, наиболее острой становится проблема энергосбережения при испытаниях [1]. Анализ последних исследований и публикаций показывает, что современные стенды для проведения приемосдаточных испытаний двигателей внутреннего сгорания являются энергосберегающими, что позволяет возвращать в том или ином виде, за вычетом обязательных потерь, затраченную на испытания энергию. Стоимость таких стендов достаточно высока (свыше \$100000), и это является серьезной проблемой для многих предприятий. Выходом в данной ситуации может быть модернизация уже существующих стендов в энерго-сберегающие. Модернизация сводится к введению в состав стенда узла согласования для рекуперации вырабатываемой в процессе испытаний электрической энергии в сеть либо в приводной двигатель. При этом, изменив структуру стенда, основные механические и электрические узлы можно сохранить неизменными, поскольку их износ, как правило, незначителен, а характеристики достаточно высоки. Затраты на модернизацию значительно (на порядок) ниже стоимости нового стенда [1].

Целью работы является исследование энергетического баланса мощности в роторной цепи электромеханических стендов на основе асинхронной машины с фазным ротором, построенным по схеме с добавочным сопротивлением в цепи ротора и схеме асинхронно-вентильного каскада (АВК).

В рамках х/д № 014/588 была разработана и внедрена инвариантная система автоматического регулирования нагрузочного момента на основе АВК [3] в результате модернизации нагрузочной части испытательного стенда КИ-5274 на ОАО «Витебский мотороремонтный завод». При этом ключевым условием модернизации являлось увеличение энергосбережения базового варианта стенда КИ-5274 мощностью 160 кВт, используемого для испытания дизельных двигателей после ремонта. Количественную оценку энергосбережения базового и модернизированного вариантов стенда производили на основе имитационного моделирования.

При имитационном моделировании балансирующей асинхронной машины с фазным ротором, входящей в состав испытательного стенда, использовали прямое моделирование дифференциальных уравнений для модели, при этом формирование коэффициентов уравнений выполнено в матричном виде [2]. На основании имитационной модели трехфазной асинхронной машины с фазным ротором в программе Matlab Simulink были составлены имитационные модели нагрузочных частей стендов: с жидкостным регулятором добавочного активного сопротивления в цепи ротора (базовый стенд КИ-5274) (рис. 1, а) и модернизированного стенда КИ-5274 с рекуперацией энергии в сеть на основе АВК при инвариантности момента [3] (рис. 1, б).

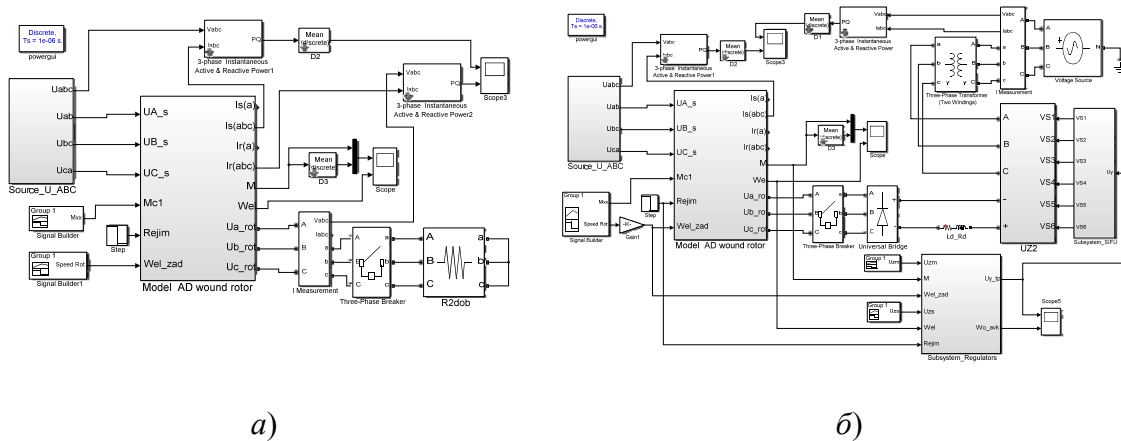


Рис. 1. Имитационные модели нагрузочной части стенда КИ-5274: а – с жидкостным реостатом в цепи ротора; б – модернизированного инвариантного стенда на основе АВК

Используя полученные имитационные модели (рис. 1), было произведено численное моделирование и расчет мощности вырабатываемой в роторной цепи асинхронной машины, работающей в генераторном режиме. Расчеты производились при изменении скорости вращения от $\omega_{\min} = 175$ рад/с до $\omega_{\max} = 298,5$ рад/с и изменении нагрузочного момента от нулевого до номинального значения асинхронной машины ($M_c = 1080$ Н·м). При этом для модели базового варианта стенда КИ-5274 (с жидкостным реостатом) добавочное сопротивление в цепи ротора изменяли в пределах $R_{\text{доб}} = 0 - 3$ о. е. Зависимость мощности, выделяемой в жидкостном реостате цепи ротора ΔP_r , от вводимого добавочного сопротивления $R_{\text{доб}}$ и нагрузочного момента M представлена на рис. 2.

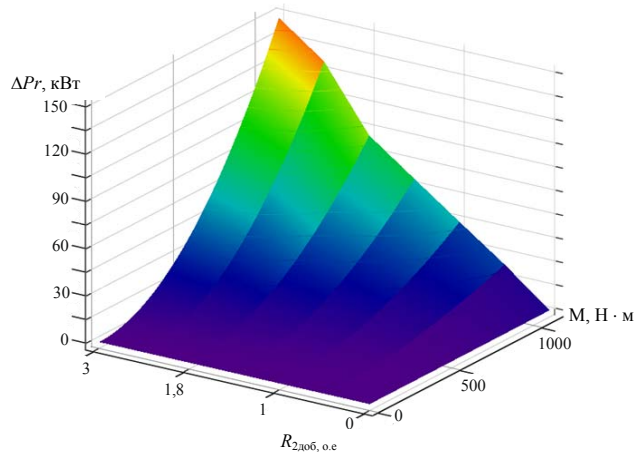


Рис. 2. Зависимость мощности выделяемой в жидкостном реостате
 $\Delta R_r = f(M, R_{доб})$

Аналогично производилось исследование имитационной модели нагрузочной части стенда на основе АВК в MatlabSimulink, произвели расчет мощностей в генераторном режиме работы АД при изменении угла управления ведомым сетью тиристорным преобразователем от $\beta_{\max} = 87^\circ$ до $\beta_{\min} = 34^\circ$, при аналогичных изменениях скорости вращения и нагрузочного момента. Зависимость мощности рекуперированной через цепь ротора $\Delta P_r = f(M, \beta)$ от угла управления ведомым инвертором β и нагрузочного момента M представлена на рис. 3.

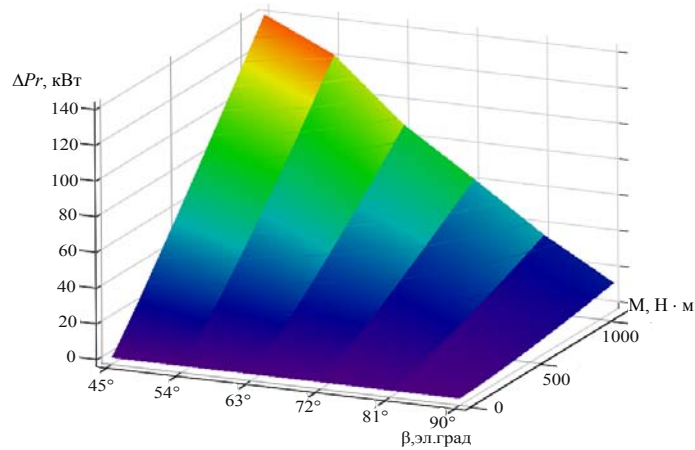


Рис. 3. Зависимость рекуперированной мощности АВК $\Delta P_r = f(M, \beta)$

По полученным зависимостям мощности, выделяемой в жидкостном реостате $\Delta P_r = f(M, R_{доб})$, и мощности, рекуперированной через цепь ротора в сеть $\Delta P_r = f(M, \beta)$ можно заключить, что для обоих вариантов нагрузочных частей испытательного стенда мощность, создаваемая в цепи ротора, увеличивается с ростом скорости вращения и нагрузочного момента асинхронной машины, работающей в генераторном режиме. Причем при увеличении нагрузочного момента для стенда с жидкостным реостатом мощность возрастает по квадратичной зависимости, а для стенда на основе АВК мощность возрастает линейно. Натурные испытания энергосберегающей электромеханической системы регулирования нагрузочного момента на основе АВК

356 Секция IV. Радиоэлектроника, автоматика, телекоммуникации, связь

показали, что годовая экономия электроэнергии при ее использовании составляет 21 тыс. кВт · ч по сравнению с базовым вариантом испытательного стенда КИ-5274 с жидкостным регулятором добавочного сопротивления в цепи ротора.

Л и т е р а т у р а

1. Тодарев, В. В. Энергосберегающие электромеханические стенды для испытания двигателей внутреннего сгорания и трансмиссий сельскохозяйственной техники / В. В. Тодарев, М. Н. Погуляев, И. В. Дорощенко // Вісн. Харьк. нац. техн. ун-ту сільського господарства ім. Петра Василенка. Техн. науки. – Випуск 101 : «Проблеми енергозабезпечення та енергосбереження в АПК України». – Харків : ХНТУСГ, 2010. – С. 90–91.
2. Захаренко, В. С. Особенности имитационного моделирования асинхронного двигателя для составления модели с учетом коммутации и при несимметричных схемах включения / В. С. Захаренко, И. В. Дорощенко // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – Гомель, 2011. – № 3. – С. 66–74.
3. Дорощенко, И. В. Математическая модель нагрузочной части испытательного стенда инвариантного к скорости вращения на основе асинхронно-вентильного каскада / И. В. Дорощенко, В. С. Захаренко, В. А. Савельев // Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого. – Гомель, 2013. – № 3. – С. 63–72.