

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ В ИСПЫТАТЕЛЬНОМ СТЕНДЕ ДЛЯ ОБКАТКИ ПРИВОДНЫХ БЛОКОВ СКРЕБКОВЫХ КОНВЕЙЕРОВ

Василец С.В., студент; Маренич К.Н., Ph.D., к.т.н., доц.; Бурлака А.Н., асс.
(Донецкий национальный технический университет, г. Донецк, Украина)

Тиристорные нагружающие устройства, используемые в настоящее время на Харьковском машиностроительном заводе «Свет шахтера» в схеме стенда для обкатки приводных блоков скребковых конвейеров, имеют существенный недостаток: длительное повышение токов статора регулируемого двигателя в определенном диапазоне углов отпирания тиристоров приводит к перегреву обмотки статора и периодическим срабатываниям тепловой защиты.

Задачей данной работы является составление адекватной компьютерной модели испытательного стенда, позволяющей выявить причины и наметить пути устранения недостатков в рассматриваемой электромеханической системе.

Рассмотрим систему уравнений, характеризующую распределение скоростей в схеме испытательного стенда (рисунок 1) и взаимное влияние моментов на валах АДД (асинхронных двигатель, работающий в двигательном режиме) $M_{\partial 2}$ и АДГ (асинхронный двигатель, работающий в генераторном режиме) $M_{\partial 8}$, которая имеет вид:

$$\begin{cases} M_{\partial 2}(v_{\partial 2} + v_{z3}) = \omega_o - \frac{\omega_o}{i} - \frac{M_{\partial 8}}{i}(v_{\partial 8} + v_{z7}); \\ M_{\partial 8} = M_{\partial 2} \frac{1}{i} \prod_{j=4}^6 \left(k_j - \frac{\Delta M_{xxj}}{M_{pj}} \right), \end{cases} \quad (1)$$

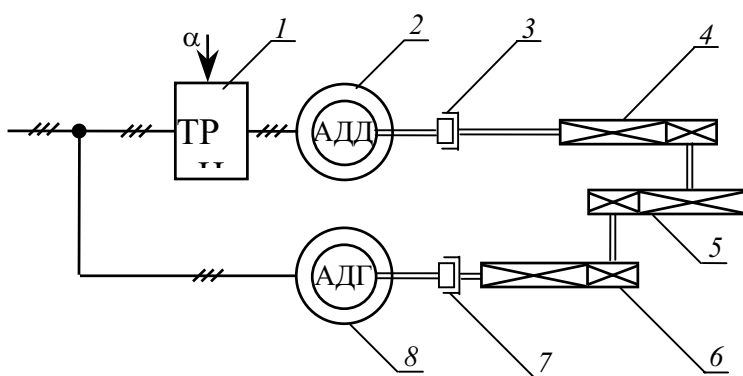


Рисунок 1 – Структурная схема испытательного стенда: 1 – тиристорный регулятор напряжения; 2, 8 – асинхронные двигатели, работающие в двигательном и генераторном режимах соответственно; 3, 7 – гидромуфты; 4, 6 – редукторы с равными передаточными

где i - передаточный коэффициент мультипликатора;

$v_{\partial 2}$ и $v_{\partial 8}$; v_{z3} и v_{z7} - углы наклона устойчивой части статической механической характеристики АДД 2 и АДГ 8, гидромуфт 3 и 7 соответственно;

$$\prod_{j=4}^6 \left(k_j - \frac{\Delta M_{xxj}}{M_{pj}} \right) - \text{совокупные потери в редукторах 4, 5, 6.}$$

Пренебрегая потерями в редукторах:

Пренебрегая потерями в редукторах:

$$\prod_{j=4}^6 \left(k_j - \frac{\Delta M_{xyj}}{M_{pj}} \right) = 1, \quad (2)$$

полагая одинаковым и постоянным заполнение гидромуфта:

$$v_{z3} = v_{z7} = v_z = const, \quad (3)$$

из системы (1) получим выражение, определяющее рабочую точку на механической характеристике АДД при «прямом» включении стенда (отсутствие регулирования при помощи тиристорного регулятора напряжения (ТРН), т.е. к статору АДД приложено номинальное напряжение) в функции от величины заполнения гидромуфта v_z :

$$M_{\partial 2} = \frac{i(i-1)\omega_o}{v_{\partial 2}i^2 + v_{\partial 8} + v_z(i^2 + 1)}. \quad (4)$$

При установке ТРН в цепь АДД изменяется угол наклона устойчивой части механической характеристики последнего [1]:

$$v_{\partial 2H} = \frac{\Delta\omega_{к2}}{2M_{кн2}} \left(\frac{U_H}{U} \right)^2 = v_{\partial 2H} k_U^{-2}, \quad (5)$$

где $\Delta\omega_{к2} = \omega_{o2} - \omega_{к2}$ - потеря скорости двигателя, соответствующая критическому скольжению;

$M_{кн2}$ - критический момент АДД при номинальном питающем напряжении;

$v_{\partial 2H} = \frac{\Delta\omega_{к2}}{2M_{кн2}}$ - угол наклона устойчивой части естественной механической

характеристики АДД;

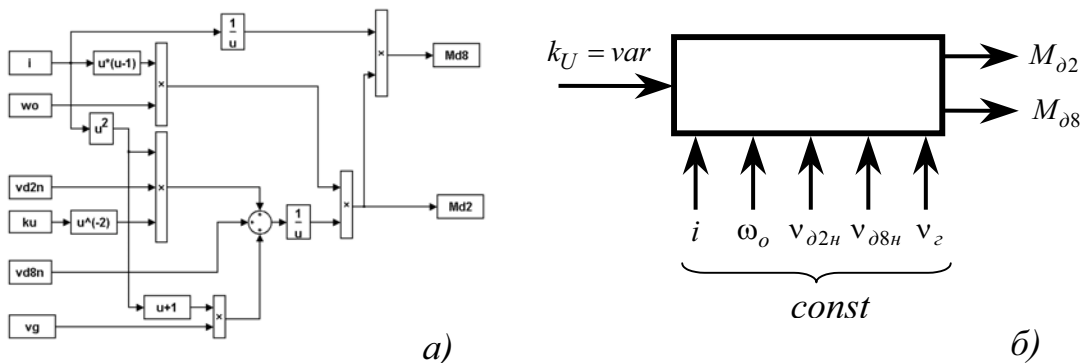


Рисунок 2 – Структурная схема системы уравнений, описывающей нагрузку АДД и АДГ в функции относительного значения напряжения на АДД: *а* – составленная из Simulink-блоков; *б* – в виде единого элемента.

$k_U = \frac{U}{U_H}$ - относительное значение напряжения на статоре АДД.

В тоже время АДГ работает на естественной характеристике:

$$v_{\partial 8} = v_{\partial 8H} = const. \quad (6)$$

С учетом (5) и (6) выражение (4) примет вид:

$$M_{\partial 2} = \frac{i(i-1)\omega_o}{v_{\partial 2}k_U^{-2}i^2 + v_{\partial 8} + v_z(i^2 + 1)} \quad (7)$$

Объединяя (7) с выражением для отыскания момента АДГ, имеем:

$$\begin{cases} M_{\partial 2} = \frac{i(i-1)\omega_o}{v_{\partial 2}k_U^{-2}i^2 + v_{\partial 8} + v_z(i^2 + 1)}; \\ M_{\partial 8} = \frac{M_{\partial 2}}{i}. \end{cases} \quad (8)$$

Система (8) описывает нагружение АДД и АДГ в функции величины напряжения на АДД, которая задается коэффициентом k_U , и может быть описана выражением:

$$M_{\partial 2}, M_{\partial 8} = f(k_U). \quad (9)$$

На рисунке 2,а выражение (9) представлено в виде структурной схемы, составленной из функциональных блоков, а на рисунке 2,б - в виде единого структурного элемента.

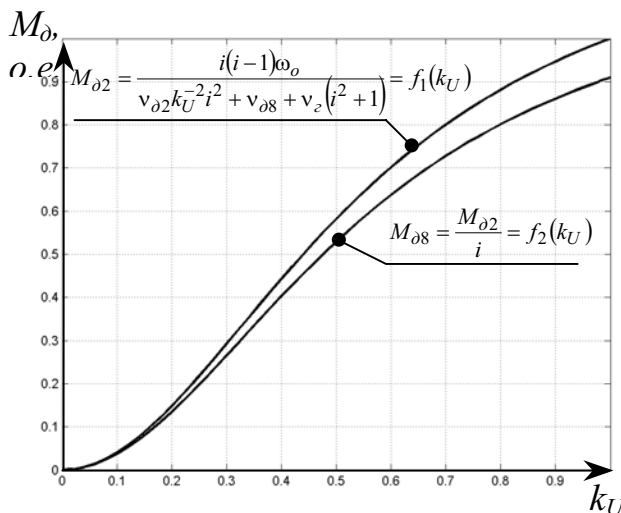


Рисунок 3 – Зависимости моментов АДД и АДГ от относительного значения напряжения на выходе ТРН

Общий вид зависимости моментов на валах АДД и АДГ от величины k_U , полученных по выражению (9), представлен на рисунке 3. Из графиков следует, что с уменьшением относительного значения напряжения на выходе ТРН, установленного в цепи АДД, моменты на валах машин уменьшаются, что обеспечивает плавность регулирования нагружения обкатываемых приводных блоков.

Структурная схема испытательного стенда, пригодная для построения компьютерной модели с

использованием расширения Simulink, где механическая связь роторов через систему редукторов и гидромуфт заменена функциональным блоком, реали-

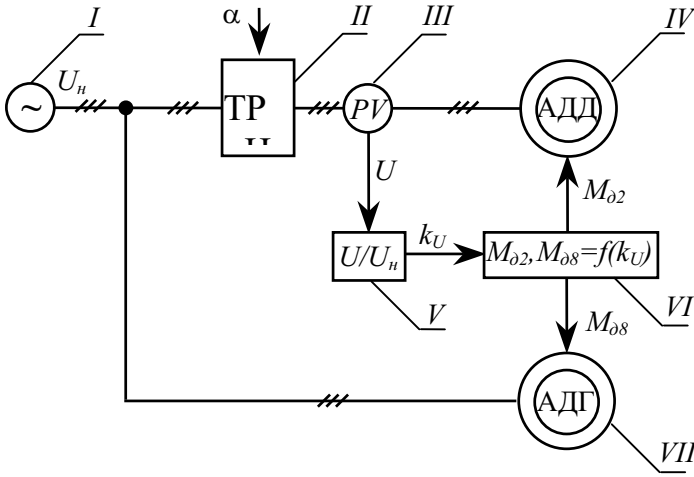


Рисунок 4 – Структурная схема испытательного стенда – основа Simulink-модели: *I* – источник трехфазной симметричной системы напряжений; *II* – тиристорный регулятор напряжения (ТРН); *III* – измеритель среднего действующего значения напряжения на выходе ТРН; *IV, VII* – АДД и АДГ соответственно; *V* – блок, вычисляющий относительное значение выходного напряжения ТРН; *VI* – блок, реализующий зависимость (9).

зующим зависимость (9), представлена на рисунке 4. Simulink-модель рассматриваемой системы, собранная из S- и SPS-блоков [2], приведена на рис. 5.

В результате проведения опытов с помощью разработанной компьютерной модели (в качестве АДД и АДГ были приняты двигатели типа 2ЭДКОФ-250LB4 мощностью 110 кВт) были получены следующие зависимости: 1) $k_U = f(\alpha)$ – регулировочная характеристика ТРН (рис. 6), отражает зависимость его выходного напряжения от угла отпирания тиристоров и аналитически может быть описана выражением:

$$k_U = \begin{cases} 1, & \alpha \leq \varphi; \\ \psi(\alpha), & \alpha > \varphi, \end{cases} \quad (10)$$

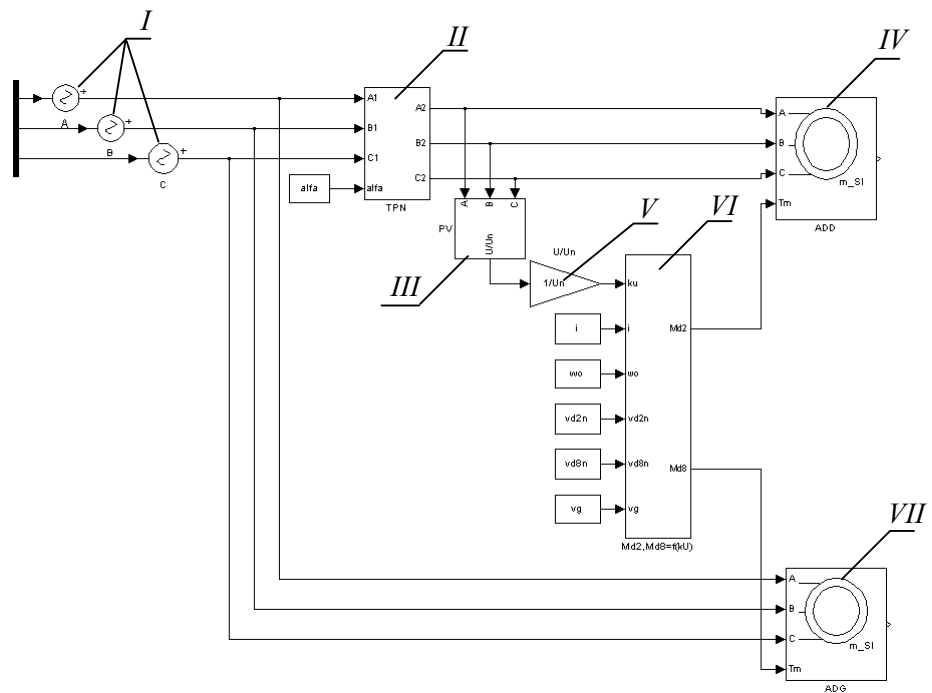


Рисунок 5 – Simulink-модель испытательного стенда для обкатки редукторов с ТРН в цепи АДД

где $\psi(\alpha)$ – некоторая нелинейная убывающая функция;

φ – угол сдвига фаз нагрузки.

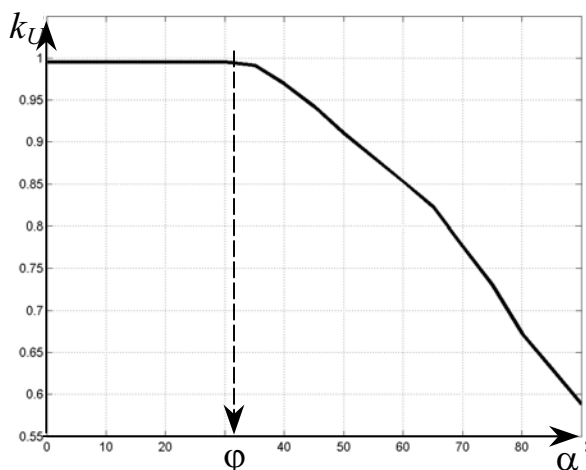


Рисунок 6 - Регулировочная характеристика ТРН для конкретных параметров нагрузки

2) $I_{АДД}, I_{АДГ} = f(k_U)$ (рисунок 7,а) и $I_{АДД}, I_{АДГ} = f(\alpha)$ (рисунок 7,б) – зависимости относительного значения тока статора АДД и АДГ от относительного значения выходного напряжения ТРН (k_U) и угла отпирания тиристоров (α). На диаграммах наблюдается недопустимое превышение фактическим током в статоре АДД номинального - более, чем в три раза.

Таким образом, была разработана компьютерная модель, позволяющая имитировать различные режимы работы испытательного стенда для обкатки

приводных блоков скребковых конвейеров; осциллографировать мгновенные значения интересующих величин с целью последующего анализа; испытывать различные технические решения по устранению указанных выше недостатков существующей системы. Полученные в результате проведенного моделирования зависимости адекватно отражают общую картину процессов, протекающих

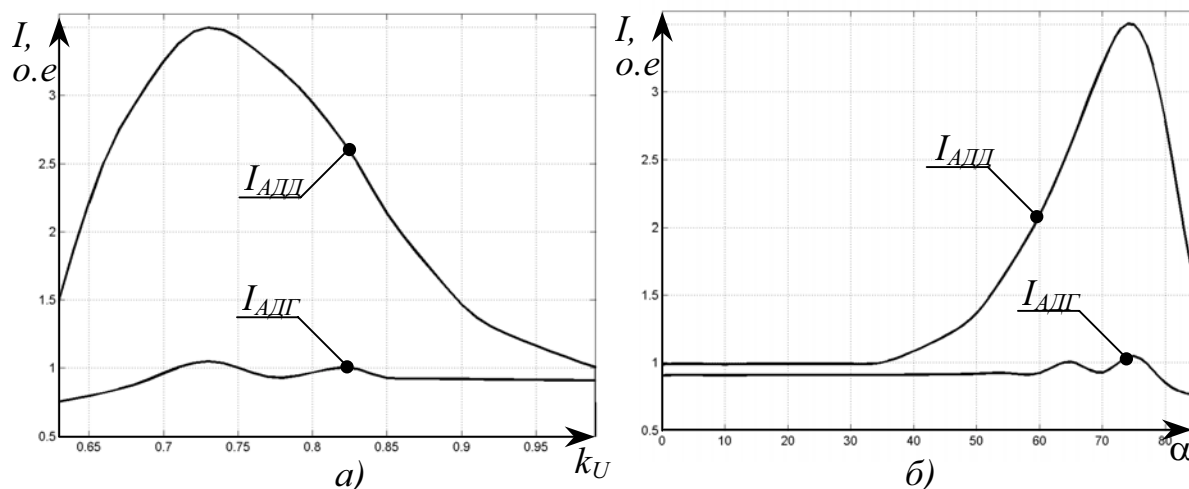


Рисунок 7 - Диаграммы изменения токов АДД и АДГ (в о.е.) в функции k_U (а) и угла отпирания тиристоров α (б) для конкретных параметров в реально функционирующей на сегодняшний день системе.

Перечень ссылок

1. Москаленко В.В. Автоматизированный электропривод: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 416 с.: ил.
2. Черных И.В. SIMULINK: среда создания инженерных приложений / Под общ. ред. к.т.н. В.Г. Потемкина. – М.: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. – 496 с.