

УДК 621.313

РАЗРАБОТКА ПРИНЦИПОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕМ ЧАСТОТЫ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ НАГРУЗОЧНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННОЙ МАШИНЫ

Н. А. Реуцкий, В. Ф. Шинкаренко, А. В. Торопов

Национальный технический университет Украины "КПИ"

просп. Победы, 37, г. Киев, 03056, Украина. E-mail: svf46@voliacable.com

Рассмотрены способы формирования статических и динамических нагрузочных характеристик на валу асинхронного двигателя с помощью нагрузочной асинхронной машины, питаемой от преобразователя частоты. Разработаны принципы управления работой преобразователя частоты, питающего асинхронную машину. Анализируются особенности формирования законов частотного управления нагрузочной машины в тормозных и рабочих режимах вентилятора, центробежного насоса и компрессора. Рассмотрены особенности управления асинхронной машиной под нагрузкой, изменяющейся в функции времени, в частности, в продолжительном, кратковременном и повторно-кратковременном режимах.

Ключевые слова: асинхронная машина, динамическая нагрузка, преобразователь частоты, законы управления, SCADA-система, MoviconX, лабораторная установка.

РОЗРОБКА ПРИНЦИПІВ КЕРУВАННЯ ПЕРЕТВОРЮВАЧЕМ ЧАСТОТИ ПРИ ФОРМУВАННІ НАВАНТАЖУВАЛЬНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННОЇ МАШИНИ

М. О. Реуцький, В. Ф. Шинкаренко, А. В. Торопов

Національний технічний університет України "КПІ"

просп. Перемоги, 37, м. Київ, 03056, Україна. E-mail: svf46@voliacable.com

Розглянуто способи формування статичних і динамічних навантажувальних характеристик на валу асинхронного двигуна за допомогою навантажувальної асинхронної машини, що живиться від перетворювача частоти. Розроблено принципи управління роботою перетворювача частоти, що живить асинхронну машину. Аналізуються особливості формування законів частотного керування навантажувальної машини в гальмівних і робочих режимах вентилятора, відцентрового насоса і компресора. Розглянуто особливості керування асинхронної машини під навантаженням, що змінюється в функції часу, зокрема, в тривалому, короткочасному і повторно-короткочасному режимах.

Ключові слова: асинхронна машина, динамічне навантаження, перетворювач частоти, закони керування, SCADA-система, MoviconX, лабораторна установка.

ВВЕДЕНИЕ. В настоящее время большая часть асинхронных двигателей (АД) малой мощности работает совместно с различными полупроводниковыми устройствами и системами автоматики. Для них переходные режимы являются основными режимами эксплуатации [1]. Тем не менее, до настоящего времени не появилось методик испытаний АД в режимах динамически изменяющихся нагрузок. Использование в качестве нагрузочной машины постоянного тока усложняет возможность формирования динамически изменяющейся нагрузки на валу. Кроме того, достаточно сложно разделить потери в совершенно разных испытываемой и нагрузочной машинах. Значительно повышает точность результатов испытание асинхронных машин (АМ), одна из которых – асинхронный двигатель, другая – такая же асинхронная машина в режиме нагрузки.

Целью работы является разработка принципов управления работой преобразователя частоты (ПЧ), питающего асинхронную машину, для формирования нагрузочных характеристик основных производственных механизмов.

МАТЕРИАЛ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ. Наиболее трудоемкой операцией контроля АД, плохо поддающейся автоматизации, является измерение вращающих моментов: номинального, пускового, максимального и минимального. Использование лабораторного электро-механического комплекса, разработанного и изготовленного на кафедре электромеханики НТУУ

"КПИ", позволяет провести опытное определение нагрузочных динамических характеристик АД при работе с различными приводными механизмами.

Питание АД в электромеханическом комплексе возможно:

- непосредственно от сети трехфазного переменного тока;
- преобразователя частоты Lenze 8200 Vector;
- устройства плавного пуска и останова EUROSTART 1,5.

Для создания тормозного режима работы нагрузочной асинхронной машины необходимо, чтобы частота вращения магнитного поля статора была меньше частоты вращения ротора АМ, что возможно при ее питании от преобразователя частоты. При питании АМ от преобразователя частоты с линейным законом управления ($U/f=\text{const}$) с уменьшением частоты питания вид механической характеристики практически не изменяется. Характеристика опускается вниз (рис. 1).

Для испытываемой АМ номинальной мощностью 1,5 кВт типа MS9024 производства компании Transtecno номинальный момент составляет 10,96 Нм.

Такой же тормозной момент был получен при питании АМ от ПЧ с частотой $f=44,17$ Гц и напряжением $U=194,35$ В. Таким образом, диапазон регулирования частоты ПЧ, питающего нагрузочную АМ, при изменении нагрузки от режима холостого хода до номинальной нагрузки составляет от 50 до 44,17 Гц.

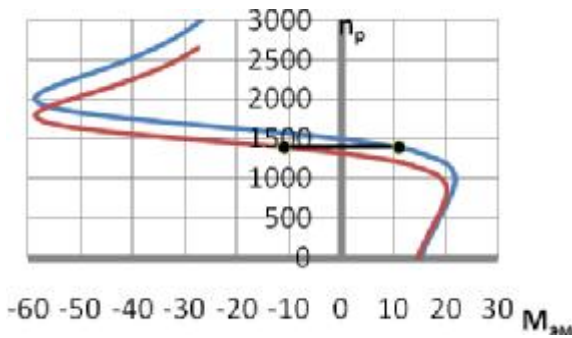


Рисунок 1 – Механические характеристики нагрузочной машины при различных частотах питающего напряжения: 50 Гц и 44,17 Гц

Реализация искусственных механических характеристик осуществляется с помощью ПЧ Lenze серии 8200 Vector. Изменение величины нагрузки происходит при регулировании частоты вращения магнитного поля статора нагрузочной машины, механически соединенной с валом исследуемого АД. Нагрузочный момент является функцией разности частот вращения магнитных полей двух машин $M_{nagr} = f(w_{dvig} - w_{dvig})$. Управление ПЧ нагрузочной машины осуществляется с помощью ПК через модуль коммуникации Locom A/B. Для формирования математических зависимостей, определяющих способы регулирования частоты вращения поля нагрузочной машины, была использована система визуализации и контроля SCADA MoviconX v.11.0.

Выбор этой системы обусловлен возможностью непрерывной работы в течение двух часов в режиме тестирования без использования лицензионного ключа, что позволяет использовать ее при проведении лабораторных работ без перезагрузки ПК. Важным фактором, определившим выбор именно этой SCADA-системы, явилось наличие свободного доступа к программным драйверам связи по протоколу Modbus RTU, а также связи с преобразователем частоты Lenze 8200 Vector по внутреннему протоколу Lenze communication (Locom). Протокол Modbus RTU в лабораторном стенде задействован для связи анализаторов трехфазной сети Lovato серии DMK32 и DMK62 с персональным компьютером. Для согласования интерфейсов связи анализаторов сети (EIA/TIA-485) и персонального компьютера RS232C (COM-порт) использован адаптер производства компании Autronics (Корея) SCM-381. При этом DMK32 и DMK62 соединены последовательно по шинной топологии с использованием экранированной витой пары, что обеспечивает высокую надежность передачи данных.

Поскольку устойчивая работа по интерфейсу EIA/TIA-485 возможна лишь при использовании одного протокола передачи данных, то для связи преобразователей частоты исследуемой и нагрузочной машины с ПК использованы дополнительные каналы связи. В качестве интерфейсных модулей ПЧ в лабораторном

комплексе задействованы коммуникационные модули EMF2102IB, имеющие на борту интерфейсы EIA/TIA-485 и RS232C. Поскольку расстояние между лабораторным стендом и ПК не превышает двух метров, то для передачи данных по Locom целесообразно использовать интерфейс RS232C. Возможность применения этого интерфейса для независимого управления и контроля двумя ПЧ обусловлена особенностью используемого ПК, а именно наличия в нем нескольких аппаратных COM-портов. Блок-схема подключения оборудования приведена на рис. 2. Такая реализация позволяет повысить скорость передачи данных и обеспечивает более высокую надежность работы, поскольку в этом случае используются два независимых канала связи.

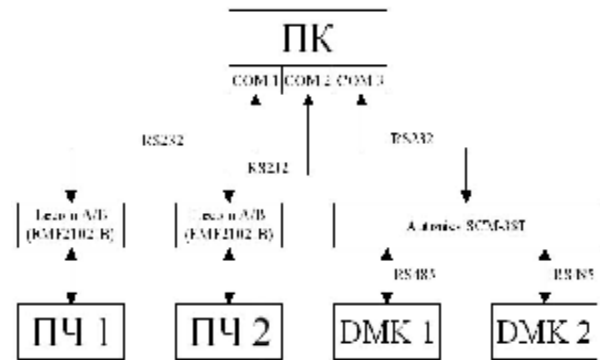


Рисунок 2 – Блок-схема подключения оборудования

Для реализации различных законов изменения нагрузки на валу исследуемой машины использован редактор для программирования логических функций и выражений, встроенный в SCADA-систему MoviconX v. 11.0.

В текущем варианте проекта сбора и обработки данных в SCADA-системе реализованы законы изменения нагрузочных характеристик для вентилятора, центробежного насоса и компрессора. При написании алгебраических выражений, определяющих их работу, использованы только переменные, передаваемые с преобразователя частоты исследуемой машины, и постоянные коэффициенты. Например, для вентиляторной установки момент нагрузки на валу АД определяется выражением $M_{nagr} = k_1 w_{dvig}^n$, где k_1 – коэффициент, определяемый типом используемого вентилятора; w_{dvig} – частота вращения поля АД. С допустимой точностью для рабочих участков характеристик исследуемой и нагрузочной машин уравнение может быть переписано в виде $M_{nagr} = k_2 (w_{nagr} - w_{dvig})$, где k_2 – коэффициент, определяемый жесткостью механических характеристик машин лабораторного стенда. Из приведенных выражений закон изменения частоты вращения поля нагрузочной машины:

$$w_{nagr} = \frac{k_1 w_{dvig}^2 + k_2 w_{dvig}}{k_2}$$

Законы управления реализованы на языке программирования ПЛ.

Таким образом, применение SCADA-системы MoviconX v.11.0 позволяет получить на экране монитора учебного ПК лабораторного стенда данные о текущих параметрах работы электромеханической системы, передаваемые с анализаторов сети и ПЧ одновременно. Помимо этого, стала возможной реализация изменения нагрузочных характеристик системы непосредственно с ПК, причем как в ручном, так и режиме автоматического изменения нагрузки в соответствии с особенностями различных общепромышленных механизмов (рис. 3).

Также при дальнейшей модернизации стенда и усовершенствовании используемого программного обеспечения были реализованы законы управления преобразователем частоты, при которых обеспечивалось моделирование приложения и сброса нагрузки как функции времени. Это позволило исследовать работы АМ при различных режимах нагрузки, в частности, продолжительном, кратковременном и повторно-кратковременном [2]. Величина и время приложения нагрузки определяется пользователем путем задания параметров в окне рабочего интерфейса программы MoviconX. При этом после ввода параметров диаграммы работы исследование производится автоматически, пользователю лишь необходимо нажать кнопку «Начать испытание». После окончания опыта данные записываются в файлы с расширением .xls, что позволяет вести дальнейшую обработку полученной информации.

Авторы выражают благодарность специалистам технической поддержки компании «СВ Альтера» за оказанную помощь в программировании SCADA-

системы MoviconX v.11.0 и настройке каналов передачи данных на ПК.

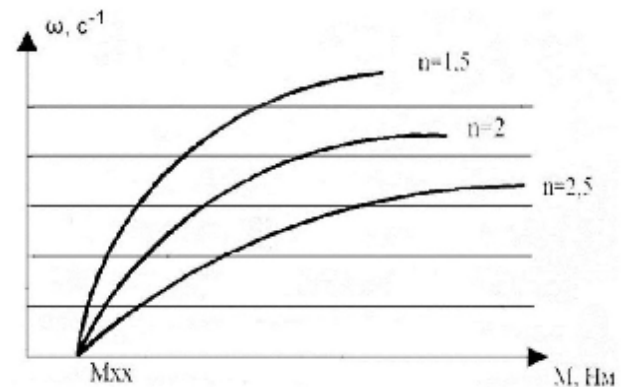


Рисунок 3 – Нагрузочные характеристики $M_c = f(w^n)$ вентилятора ($n = 1,5$), центробежного насоса ($n = 2,0$), компрессора ($n = 2,5$)

ВЫВОДЫ. В результате работы было программно реализовано управление преобразователем частоты нагрузочной машины, обеспечивающее формирование нагрузочных характеристик рабочих механизмов, соответствующих работе вентилятора, центробежного насоса и компрессора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Потапов Л.А., Зотин В.Ф. Испытание микроэлектродвигателей в переходных режимах. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 105 с.
2. Сыромятников И.А. Режимы работы асинхронных электродвигателей. – М.: Госэнергоиздат, 1955. – 304 с.

DEVELOPMENT OF PRINCIPLES FREQUENCY CONVERTER CONTROL FOR INDUCTION MACHINE DYNAMIC LOAD CHARACTERISTICS FORMATION

N. Reutsky, V. Shynkarenko, A. Toropov

National Technical University of Ukraine "KPI"

prosp. Pobedy, 37, Kiev, 03056, Ukraine. E-mail: svf46@voliacable.com

The methods of formation of the static and dynamic load characteristics on the shaft of an induction motor with the load induction machine fed from a frequency converter. The principles of management of the inverter feeding an asynchronous machine. The peculiarities of formation of the laws of the load frequency control in the brake and the vehicle operating conditions the fan, pump and compressor. The features of the asynchronous machine control under load, which varies as a function of time, particularly in continuous, intermittent, and intermittent modes.

Key words: induction machine, dynamic load, frequency converter, SCADA-system, MoviconX, laboratory complex.

REFERENCES

1. Potapov L.A., Zotin V.F. *The test micro-motors under transient conditions*. – М.: Энергоатомиздат, 1986. – 105 p.
2. Siromyatnikov I.A. *Working modes of asynchronous motors*. – М.: State energy publishing, 1955. –304 p.

Стаття надійшла 20.03.2012.

Рекомендовано до друку
д.т.н., проф. Родькіним Д.Й.