

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ УЗЛОВ НАГРУЗОК СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Планков А.А.¹, Осипов Д.С.¹, Сидоров О.А.²

¹ФГБОУ ВПО «Омский государственный технический университет», Омск, Россия (644050, Омск, просп. Мира, д.11), e-mail: plankov_al@mail.ru;

²ФГБОУ ВПО «Омский государственный университет путей сообщения», Омск, Россия (644046, Омск, просп. К. Маркса, д.35)

В статье описано разработанное программное обеспечение, позволяющее выполнять оценку динамической устойчивости узлов нагрузок систем электроснабжения. При этом анализ динамической устойчивости может быть выполнен на промышленной частоте или с учетом высших гармоник тока и напряжения. Значения высших гармоник токов и напряжений могут быть получены расчетным путем посредством выбора спектра высших гармоник. При наличии результатов измерений значения высших гармоник токов и напряжений могут быть заданы вручную. После расчета программное обеспечение формирует отчет о результате оценки динамической устойчивости узлов систем электроснабжения с асинхронной нагрузкой. Описанное программное обеспечение является частью программного комплекса для расчета статической и динамической устойчивости узлов систем электроснабжения с асинхронной нагрузкой.

Ключевые слова: динамическая устойчивость, высшие гармоники, качество электрической энергии.

SOFTWARE FOR RESEARCH DYNAMIC STABILITY NODAL LOADS OF POWER SUPPLY SYSTEMS

Plankov A.A.¹, Osipov D.S.¹, Sidorov O.A.²

¹Omsk State Technical University (644050, Omsk, prospect Mira, 11), e-mail: plankov_al@mail.ru;

²Omsk State University of Means of Communication, Omsk, Russia (644046, Omsk, prospect K. Marx, 35).

The article describes the software for research dynamic stability nodal loads of power supply systems. In this analysis of dynamic stability can be performed at an industrial frequency or higher harmonics of current and voltage. The values of the higher harmonics of current and voltage can be obtained by calculation by selecting the spectrum of higher harmonics. If results of measurement values of higher harmonic currents and voltages can be set manually. After calculating the software generates a report on the evaluation of nodes dynamic stability of power supply systems with asynchronous load. The software described is part of the software package for the calculation of static and dynamic stability of nodes of power supply systems with asynchronous load.

Ключевые слова: dynamic stability, higher harmonics, power quality.

Использование упрощенных схем замещения асинхронного двигателя вносит дополнительную погрешность при моделировании аварийных режимов работы узлов нагрузок систем электроснабжения [3, 5].

Задача создания современного программного обеспечения, позволяющего выполнять компьютерное моделирование аварийных режимов работы систем электроснабжения с целью анализа устойчивости узлов с асинхронной нагрузкой, для современных промышленных предприятий является актуальной с практической точки зрения [7]. В [7] рассматривалось программное обеспечение для моделирования критических режимов работы узлов электроэнергетических систем с асинхронной нагрузкой при исследовании статической устойчивости на промышленной частоте.

Описание программного обеспечения

В данной статье рассмотрено программное обеспечение для исследования динамической устойчивости узлов нагрузок систем электроснабжения на промышленной частоте и с учетом высших гармоник. Расчетные формулы для анализа динамической устойчивости узлов нагрузок представлены в [1, 2, 4, 6]. Составленная математическая модель и разработанный алгоритм [6] легли в основу разработанного на основе интегрированной среды BorlandDelphi 6.0 программного обеспечения. Главное меню содержит следующие пункты:

1. Данные.
2. Расчет.
 - 2.1. Определение параметров схемы замещения асинхронного двигателя.
 - 2.2. Оценка статической устойчивости без учета высших гармоник.
 - 2.3. Оценка статической устойчивости с учетом высших гармоник:
 - 2.1.1. Расчет значений параметров высших гармоник.
 - 2.1.2. Ввод значений параметров высших гармоник.
 - 2.4. Оценка динамической устойчивости без учета высших гармоник:
 - 2.4.1. Расчет выбега и оценка возможности самозапуска асинхронного двигателя.
 - 2.4.2. Расчет разгона асинхронного двигателя.
 - 2.4.3. Расчет нагрева асинхронного двигателя.
 - 2.5. Оценка динамической устойчивости с учетом высших гармоник:
 - 2.5.1. Расчет выбега и оценка возможности самозапуска асинхронного двигателя.
 - 2.5.2. Расчет разгона асинхронного двигателя.
 - 2.5.3. Расчет нагрева асинхронного двигателя.
3. Отчет.
4. Справка.
5. Выход.

Остановимся подробнее на пунктах 2.4 и 2.5. В подменю «*Оценка динамической устойчивости без учета ВГ*» в 3 этапа выполняется анализ динамической устойчивости узла систем электроснабжения с асинхронной нагрузкой на промышленной частоте:

1. Расчет выбега и оценка возможности самозапуска асинхронного двигателя.
2. Расчет разгона асинхронного двигателя.
3. Расчет нагрева асинхронного двигателя.

На этапе «*Расчет выбега и оценка возможности самозапуска АД*» посредством интерфейса программного обеспечения доступны следующие данные (рисунок 1):

1. Напряжение на зажимах асинхронного двигателя при пуске.
2. Графическая иллюстрация характера изменения напряжения на зажимах асинхронного двигателя при пуске.
3. Остаточное напряжение на зажимах асинхронного двигателя.
4. Ток включения асинхронного двигателя, А.
5. Скольжение асинхронного двигателя при выбеге, о.е.
6. Графическая иллюстрация характера изменения скольжения асинхронного двигателя при выбеге.
7. Электромагнитный асинхронный момент асинхронного двигателя.
8. Момент исполнительного органа, о.е.
9. Заключение о возможности самозапуска асинхронного двигателя.

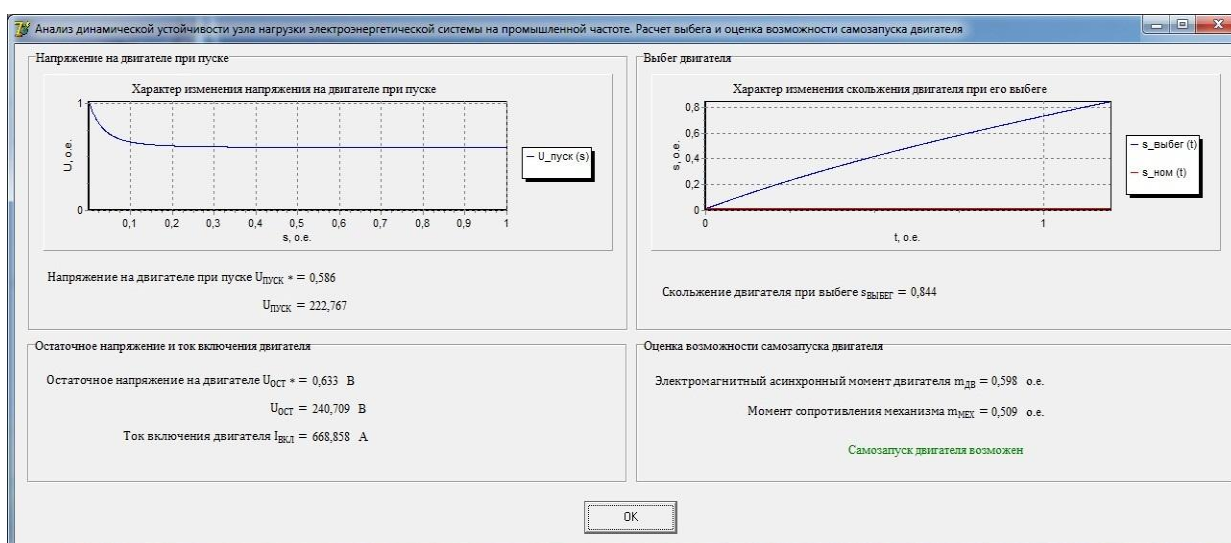


Рис. 1. Расчет выбега и оценка возможности самозапуска асинхронного двигателя

На этапе «Расчет разгона АД» посредством интерфейса программного обеспечения доступны следующие данные (рисунок 2):

1. Напряжение на зажимах асинхронного двигателя при разгоне.
2. Время разгона асинхронного двигателя, с.
3. Ток, потребляемый асинхронным двигателем при разгоне, А.
4. Графическая иллюстрация характера изменения тока, потребляемого асинхронным двигателем при разгоне.
5. Графическая иллюстрация механических характеристик исполнительного механизма и асинхронного двигателя в номинальном режиме и при разгоне.
6. Скольжение асинхронного двигателя при разгоне, о.е.
7. Графическая иллюстрация характера изменения скольжения асинхронного двигателя при разгоне.

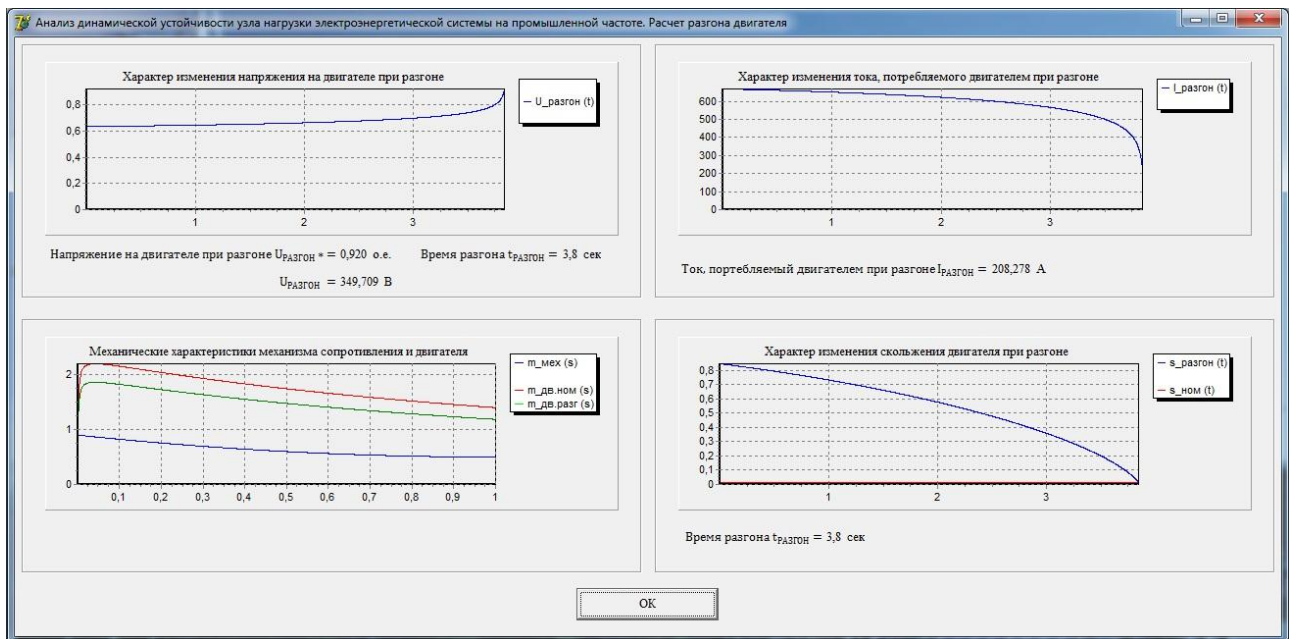


Рис. 2. Расчет разгона асинхронного двигателя

На этапе «Расчет нагрева АД» посредством интерфейса программного обеспечения доступна информация о температуре асинхронного двигателя при разгоне.

В подменю «Оценка динамической устойчивости с учетом ВГ» по формулам, приведенным в [6], выполняется анализ динамической устойчивости узла системы электроснабжения с асинхронной нагрузкой с учетом высших гармонических составляющих тока и напряжения. При этом спектр высших гармонических составляющих тока и напряжения является аналогичным по отношению к спектральному составу высших гармоник при анализе статической устойчивости узла системы электроснабжения с асинхронной нагрузкой.

Далее выполняется анализ динамической устойчивости узла системы электроснабжения с асинхронной нагрузкой с учетом высших гармонических составляющих тока и напряжения. При этом посредством интерфейса программного обеспечения доступны следующие варианты учета высших гармоник (рисунок 3) [7]:

1. Расчет значений параметров высших гармоник.
2. Ввод значений параметров высших гармоник.

Анализ статической устойчивости узла нагрузки электроэнергетической системы с учетом высших гармоник

Введите значения токов ВГ, А

	Ток, А	Напряжение, В	SIN f
Гармоника №5			
Гармоника №7			
Гармоника №11			
Гармоника №13			
Гармоника №17			
Гармоника №19			
Гармоника №23			
Гармоника №25			
Гармоника №29			
Гармоника №31			
Гармоника №35			
Гармоника №37			

Расчетные значения токов ВГ

Ток, А

- Гармоника №5
- Гармоника №7
- Гармоника №11
- Гармоника №13
- Гармоника №17
- Гармоника №19
- Гармоника №23
- Гармоника №25
- Гармоника №29
- Гармоника №31
- Гармоника №35
- Гармоника №37

Применить Отмена Расчет Применить Отмена

Рис. 3. Ввод параметров высших гармоник

В случае расчета значений параметров высших гармоник выбираются номера гармоник, присутствующих в узле. После нажатия на кнопку «Расчет» определяются значения токов и напряжений высших гармоник.

В случае ввода значений параметров высших гармоник в соответствующие ячейки вносятся значения токов и напряжений высших гармоник, полученные в ходе соответствующих измерений.

Далее вне зависимости от способа учета высших гармоник по формулам, приведенным в [6], выполняется анализ динамической устойчивости узла системы электроснабжения с асинхронной нагрузкой с учетом высших гармонических составляющих тока и напряжения. Посредством интерфейса программного обеспечения доступны данные, аналогичные данным, полученным при анализе динамической устойчивости узлов систем электроснабжения с асинхронной нагрузкой на промышленной частоте: напряжение на зажимах асинхронного двигателя при пуске; ток включения асинхронного двигателя; скольжение асинхронного двигателя при выбеге; графическая иллюстрация характера изменения напряжения на зажимах асинхронного двигателя при пуске и скольжения асинхронного двигателя при выбеге; заключение о возможности самозапуска асинхронного двигателя; напряжение на зажимах асинхронного двигателя при разгоне; время разгона асинхронного двигателя; ток, потребляемый асинхронным двигателем при разгоне; скольжение асинхронного двигателя при разгоне; графическая иллюстрация характера изменения тока, потребляемого асинхронным двигателем при разгоне, механических

характеристик исполнительного механизма и асинхронного двигателя в номинальном режиме и при разгоне, скольжения асинхронного двигателя при разгоне.

Пункт меню «Отчет».

Пункт меню «Отчет» позволяет сгенерировать в единой форме результаты оценки статической и динамической устойчивости узлов систем электроснабжения с асинхронной нагрузкой. При этом интерфейс программного обеспечения позволяет определять содержание отчета.

Вывод

Разработанное программное обеспечение зарегистрировано в объединенном фонде электронных ресурсов «Наука и образование» и внедрено в учебный процесс ОмГТУ.

Список литературы

1. Вольдек, А.И. Электрические машины. Машины переменного тока / А. И. Вольдек, В. В. Попов. – Л.: Изд-во Питер, 2008. – 350 с.
2. Иванов-Смоленский, А.В. Электрические машины (В 2 томах): Учебник для вузов. 3-е издание, стереотипное. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006.
3. Копылов, И.П. Электрические машины: учеб. для вузов / И. П. Копылов. – М.: Высш. шк.: Логос, 2000. – 607 с.
4. Куликов, Ю.А. Переходные процессы в электрических системах : учеб. пособие / Ю. А. Куликов. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. – 284 с. – («Учебники НГТУ»).
5. Планков, А.А. Влияние электроприемников, искажающих синусоидальность формы кривой напряжения и тока, на значение критического напряжения при оценке устойчивости узла с асинхронной нагрузкой [Текст] /А. А. Планков, Д. С. Осипов, А. В. Бубнов, С. Ю. Долингер // Омск: Омский научный вестник. – 2011. - №3 (103). – С. 225-228.
6. Планков, А.А. Учет несинусоидальности напряжения при исследовании устойчивости узлов систем электроснабжения с асинхронной нагрузкой: Дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук / А. А. Планков – Омский государственный технический университет, Омск, 2013. – 125 с.
7. Планков, А.А. Моделирование критических режимов работы узлов электроэнергетических систем с асинхронной нагрузкой при исследовании статической устойчивости на промышленной частоте [Текст] /А.А. Планков, Д.С. Осипов, А.В. Планкова, В.Л. Юша // Омск: Омский научный вестник. – №1(117). – 2013. – С.173-178.

Рецензенты:

Горелов В.П., д.т.н., профессор, заместитель зав. кафедрой «Электроэнергетические системы и электротехника» ФГБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта», г. Новосибирск;

Сальников В.Г., д.т.н., профессор кафедры «Электроэнергетические системы и электротехника» ФГБОУ ВПО «Новосибирская государственная академия водного транспорта», г. Новосибирск.