

МОДЕЛИРОВАНИЕ И УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

УДК 621.311

Моделирование несинусоидальных режимов электрических сетей

В.П. Закарюкин^{1 a}, А.В. Крюков^{1 b}, Ле Конг Зань^{2 c}¹Иркутский государственный университет путей сообщения, ул. Чернышевского 15, Иркутск, Россия²Иркутский государственный технический университет, ул. Лермонтова 83, Иркутск, Россия^azakar49@mail.ru, ^band_kryukov@mail.ru, ^cdanh_lecong150287@mail.ru

Статья поступила 14.12.2014, принята 12.02.2015

В современных условиях становится актуальной задача разработки методов и средств, снижающих уровень гармонических искажений в электрических сетях высокого и низкого напряжений. Еще большую остроту эта проблема приобретает в связи с переходом электроэнергетики России на новую технологическую платформу, основанную на применении концепции интеллектуальных сетей. Для решения этой задачи требуется создание методов и средств определения несинусоидальных режимов электроэнергетических систем. В статье обосновано дальнейшее развитие методики моделирования несинусоидальных режимов в фазных координатах, предложенной в работах Иркутского государственного университета путей сообщения. Рассмотрены вопросы определения несинусоидальных режимов в сетях общего назначения со стационарными источниками высших гармоник. В основу методики определения режимов на высших гармониках положена технология моделирования электроэнергетических систем в фазных координатах с использованием решетчатых схем замещения из RLC-элементов, соединенных по схемам полных графов. Решетчатые схемы являются частотно-зависимыми и достаточно просто пересчитываются на частоты высших гармоник, а зависимости параметров нелинейных источников от текущего режима не оказывают существенного влияния на результаты расчетов при доминирующей первой гармонике и определении параметров источников на базе предварительного расчета режима на основной частоте. На основе компьютерного моделирования показаны высокая точность и практическая применимость методики определения несинусоидальных режимов в фазных координатах. Различия между результатами расчетов режимов на высших гармониках с помощью программного комплекса Fazonord и аналитическими вычислениями не превышают долей процента по модулям и долей градуса по фазам, что свидетельствует о полной адекватности рассматриваемой методики моделирования несинусоидальных режимов в фазных координатах.

Ключевые слова: электроэнергетические системы; несинусоидальные режимы; моделирование.

Modelling non-sinusoidal modes in electric networks

V.P. Zakaryukin^{1 a}, A.V. Kryukov^{1 b}, Danh Le Cong^{2 c}¹Irkutsk State Transport University; 15, Chernishevsky St., Irkutsk, Russia²Irkutsk State Technical University; 83, Lermontov St., Irkutsk, Russia^azakar49@mail.ru, ^band_kryukov@mail.ru, ^cdanh_lecong150287@mail.ru

Received 14.12.2014, accepted 12.02.2015

In modern conditions the development of the methods and means to reduce the level of harmonious distortions in electric networks of high and low voltage becomes an urgent problem. The problem gains bigger sharpness in connection with the transition of Russian power industry to the new technological platform based on application of intellectual networks. To solve this task, the development of the methods and means for determination of non-sinusoidal modes in electrical power systems are required. The article substantiates the further development of modelling technique, proposed in Irkutsk State Transport University, for non-sinusoidal modes in phase coordinates. The problems of determining the non-sinusoidal modes in general purpose networks with stationary sources of higher harmonics have also been studied. The technique for determining the modes on higher harmonics is based on the modelling technology for electric power systems in the phase coordinates using latticed equivalent circuits from RLC-elements, connected on the complete graph scheme. Latticed schemes are frequency-dependent and simply translated to higher harmonic frequencies. Dependences on the parameters of nonlinear sources of the current regime do not significantly influence the results of calculations under the dominant first harmonic and when determining the parameters of the sources on the basis of the mode preliminary calculation at the fundamental frequency. Based on the computer simulation, the high accuracy and practical applicability of the technique for determining non-sinusoidal modes in phase coordinates have been demonstrated. The differences between the calculation results for modes on higher harmonics, using software package Fazonord, and analytical calculations do not exceed fractions of a percent for modules and fractions of a degree for phases, indicating full adequacy of the modelling technique for non-sinusoidal modes in phase coordinates.

Key words: electrical power systems; non-sinusoidal modes; modelling.