

А.П. МАЛАХОВ

ЭЛЕКТРОМОЛОТЫ И ЭЛЕКТРОСЕЙСМОИСТОЧНИКИ

Монография



НОВОСИБИРСК
2 0 1 3

УДК 622.231.5-83
М 181

Рецензенты:

Г.М. Симаков, д-р техн. наук, проф.

В.Ю. Нейман, д-р техн. наук, проф.

Малахов А.П.

М 181 Электромолоты и электросейсмоисточники : монография / А.П. Малахов. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2013. – 280 с. (Серия «Монографии НГТУ»)

ISBN 978-5-7782-2308-0

Основой монографии послужили результаты научно-исследовательских работ автора, направленные на создание систем питания и управления мощными импульсными (ударными) и вибрационными машинами.

Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований, разработана методика расчета и выбора параметров систем управления мощными электромагнитными и линейными асинхронными машинами ударного действия. Обобщены результаты работ, выполненные в творческих коллективах института горного дела СО РАН и Новосибирского государственного технического университета, связанные с созданием мощных вибросейсмоисточников, обеспечивающих полный требуемый диапазон частот и усилий.

Монография может быть полезна исследователям всего спектра проблем, связанных с созданием электромеханических преобразователей энергии, а также студентам, магистрантам и аспирантам для их совместной работы с профессиональными исследователями.

УДК 622.231.5-83

ISBN 978-5-7782-2308-0

© Малахов А.П., 2013

© Новосибирский государственный
технический университет, 2013

A.P. MALAKHOV

ELECTRIC HAMMERS AND SEISMIC GENERATORS

Monograph



NOVOSIBIRSK
2 0 1 3

UDC 622.231.5-83
M 181

Reviewers:
Prof. G.M. Simakov, D.Sc. (Eng.)
Prof. V.Yu. Neuman, D.Sc. (Eng.)

Malakhov A.P.

M 181 Electric hammers and seismic generators : monograph /
A.P. Malakhov. – Novosibirsk : NSTU Publisher, 2013. – 280 pp.
("NSTU Monographs" series).

ISBN 978-5-7782-2308-0

The monograph is based on the results of the author's research focused on creating power supply and control systems for high-power pulse (impact) and vibration machines.

Theoretical and experimental results used for developing design methods and selecting parameters of systems that control high-power impact electromagnetic and linear induction machines are presented. The monograph generalizes the results of research on high-power vibration seismic generators designed in the Mining Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences and Novosibirsk State Technical University. These generators produce seismic signals in the whole range of forces and frequencies.

The monograph can be useful to explorers engaged in studying electro-mechanical converters as well as to undergraduate, graduate and post-graduate students doing research under the supervision of experienced scientists.

UDC 622.231.5-83

ISBN 978-5-7782-2308-0

© Malakhov A.P., 2013
© Novosibirsk State
Technical University, 2013

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
Глава 1. ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ МОЛОТЫ.....	11
1.1. Основные критерии выбора магнитной системы и конструкции молота	13
1.2. Опыт расчета и проектирования длинноходового электромагнитного молота	19
1.3. Тепловые процессы в электромагнитных молотах	26
1.4. Пути решения проблемы повышения технико-экономических показателей электромагнитных молотов.....	28
1.5. Результаты экспериментальных исследований.....	43
Глава 2. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ МОЛОТЫ НА БАЗЕ ЛИНЕЙНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.....	49
2.1. Особенности конструкции линейного асинхронного двигателя	49
2.2. Основные соотношения для расчета ЛАД.....	53
2.3. Рекомендации к выбору систем питания и управления линейными асинхронными двигателями	71
Глава 3. СЕЙСМОИСТОЧНИКИ И ОСНОВНЫЕ СВЕДЕНИЯ ИЗ ТЕОРИИ И ПРАКТИКИ СЕЙСМОРАЗВЕДКИ	73
3.1. Свойства грунтов и особенности их поведения под действием динамических нагрузок	76
3.2. Поведение грунтов под действием вертикальных нагрузок	80
3.3. Моделирование свойств грунта для исследования распространения колебаний при невзрывной сейсморазведке	87
3.4. Сведения из теории распространения волн.....	92
Глава 4. ИМПУЛЬСНЫЕ СЕЙСМОИСТОЧНИКИ.....	101
4.1. Разработка приводов импульсных сейсмоисточников	101
4.2. Мощные импульсные сейсмоисточники	113



Глава 5. РЕГУЛИРУЕМЫЕ ЦЕНТРОБЕЖНЫЕ (ДЕБАЛАНСНЫЕ) ВИБРОСЕЙСМОИСТОЧНИКИ С ПРИВОДАМИ ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО ТОКА	127
5.1. Обоснование конструктивной схемы центробежного вибро-сейсмоисточника	130
5.2. Повышение излучаемой сейсмической мощности центробежных виброисточников и компенсация их реактивной мощности	146
5.3. Основные результаты исследования вибросейсмоисточников	154
5.4. Повышение эффективности сейсмических исследований	160
5.5. Основные требования к системам управления приводами электромеханических вибросейсмоисточников	163
Глава 6. РЕГУЛИРУЕМЫЕ ЭКСЦЕНТРИКОВЫЕ ВИБРОСЕЙСМОИСТОЧНИКИ	173
6.1. Актуальность работы по созданию регулируемых эксцентриковых вибросейсмоисточников для сейсморазведочных работ на месторождениях углеводородного сырья (геологоразведочных работ на УВС)	173
6.2. Конструкции регулируемых эксцентриковых вибровозбудителей	174
6.3. Эксцентриковые вибровозбудители с постоянным эксцентриситетом, снабженные гидравлическими и электромеханическими стабилизаторами передачи усилий	187
Глава 7. ИМПУЛЬСНЫЕ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СЕЙСМОИСТОЧНИКИ	201
7.1. Управление быстродействующими вибросейсмоисточниками	201
7.2. Высокочастотные электродинамические вибросейсмоисточники	207
7.3. Вибросейсмоисточники с возбудителями на основе линейных синхронных двигателей	218
7.4. Вибросейсмоисточники с механическими вибровозбудителями сейсмических колебаний	224
7.5. Сверхнизкочастотные вибросейсмоисточники	234
Заключение	237
Библиографический список	242

CONTENTS

Introduction.....	7
Chapter 1. ELECROMAGNETIC HAMMERS	11
1.1. Basic criterions for selecting a magnetic system and structure of hammers	13
1.2. Long-stroke electromagnetic hammer calculation and design	19
1.3. Thermal processes in electromagnetic hammers	26
1.4. Improvement of electromagnetic hammer performance character- istics	28
1.5. Experimental results	43
Chapter 2. ELECTRIC HAMMERS BASED ON LINEAR INDUCTION MO- TORS	49
2.1. Linear induction motor structure.....	49
2.2. Fundamental equations to design a linear induction motor	53
2.3. Recommendations on selecting power and control systems for linear induction motors	71
Chapter 3. SEISMIC GENEARTORS AND SEISMIC PROSPECTING THEORY AND PRACTICE	73
3.1. Ground properties and behavior under dynamic loads	76
3.2. Ground behavior under vertical loads	80
3.3. Ground properties simulation to study oscillation spread under conditions of non-explosive seismic prospecting	87
3.4. Some information on the wave propagation theory.....	92
Chapter 4. SEISMIC PULSE GENERATORS.....	101
4.1. Development of seismic pulse generator drives	101
4.2. High-power seismic pulse generators.....	113



Chapter 5. CONTROLLED CENTRIFUGAL (UNBALANCED) VIBRATION SEISMIC GENERATORS WITH DC AND AC DRIVES	127
5.1. Description of the centrifugal vibration seismic generator construction diagram	130
5.2. Increase in the power generated by centrifugal vibration seismic generators and compensation of their reactive power	146
5.3. Essential results of vibration seismic generator investigation	154
5.4. Enhancement of seismic exploration effectiveness.....	160
5.5. Main requirements to control systems of vibration electromechanical seismic generators.....	163
Chapter 6. CONTROLLED ECCENTRIC VIBRATION SEISMIC GENERATORS	173
6.1. Relevance of designing controlled eccentric vibration seismic generators for seismic prospecting at hydrocarbon raw stock deposits	173
6.2. Controlled eccentric vibration seismic generator structure.....	174
6.3. Eccentric vibration seismic generators with controlled eccentricities and hydraulic and electromechanical stabilizers of force transfer	187
Chapter 7. ELECTROMECHANICAL PULSE SEISMIC GENERATORS	201
7.1. High-speed vibration seismic generator control.....	201
7.2. High-frequency electrodynamic vibration seismic generators	207
7.3. Vibration seismic generators with exciters based on linear induction motors	218
7.4. Vibration seismic generators with mechanical exciters	224
7.5. Very low frequency vibration seismic generators	234
Conclusion	237
References	242