

УДК 621.314:(550.34+550.837)

PACS: Electromagnetic induction (geoelectricity), 91.25.Qi

## **Генератор “Энергия-4” для мониторинга сейсмоактивных зон и электромагнитного зондирования земной коры: Опыт применения в эксперименте “Ковдор-2015”**

© 2017 г. В.В. Колобов<sup>1</sup>, М.Б. Баранник<sup>1</sup>, Б.В. Ефимов<sup>1</sup>, А.А. Жамалетдинов<sup>1,2,3</sup>,  
А.Н. Шевцов<sup>2</sup>, Ю.А. Копытенко<sup>3</sup>

<sup>1</sup> *Центр физико-технических проблем энергетики Севера ФГБУН Кольского научного центра РАН,  
г. Апатиты, Россия*

<sup>2</sup> *Геологический институт Кольского научного центра РАН, г. Апатиты, Россия*

<sup>3</sup> *Санкт-Петербургский филиал Института земного магнетизма, ионосферы  
и распространения радиоволн РАН, г. Санкт-Петербург, Россия*

Автор для переписки: М.Б. Баранник, e-mail: maxbar@ien.kolasc.net.ru

### **Главное**

- Описан автономный генератор “Энергия-4” мощностью 29 кВт и напряжением до 1200 В
- Генератор обеспечивает электромагнитное зондирование на аудиочастотах 4–2000 Гц
- ШИМ-инвертор питается от двух генераторов постоянного тока на валу автомашины
- Выполнены многолучевые зондирования с разносами 25 и 50 км на Балтийском щите
- Выявлен дилатантно-диффузионный слой, рассматриваемый как сейсмоактивный элемент

### **Аннотация**

В первом разделе статьи описан разработанный автономный генератор “Энергия-4” мощностью 29 кВт с максимальным выходным напряжением до 1200 В. Генератор работает в аудиодиапазоне частот (4–2000 Гц) и предназначен для задач электромагнитного зондирования верхней толщи земной коры при поисках полезных ископаемых и мониторинге очаговых зон землетрясений в сейсмоактивных районах. Основными силовыми блоками генератора являются ШИМ-инвертор и повышающий трансформатор. Инвертор питается от двух генераторов постоянного тока, установленных на валу двигателя автомашины, в кунге которой смонтирован генератор. Рассмотрены принципиальная схема и работа генератора, а также отдельные схемотехнические решения, позволившие увеличить амплитуду выходного напряжения и, следовательно, силу тока в питающих заземленных линиях. Второй раздел посвящен натурным испытаниям генератора “Энергия-4” на примере эксперимента “Ковдор-2015”, в ходе которого выполнены многолучевые частотные зондирования с разносами 25 и 50 км на территории Енско-Ковдорского гранито-гнейсового комплекса, сложенного породами архейского основания Балтийского щита. В результате эксперимента установлено повсеместное распространение промежуточного проводящего слоя дилатантно-диффузионной природы – “ДД-слоя” – на глубине от 2–3 до 5–9 км на территории порядка 100×200 км. Изучены параметры этого слоя, который рассматривается в качестве сейсмоактивного элемента верхней, хрупкой толщи земной коры мощностью 10–15 км.

**Ключевые слова:** генератор “Энергия-4”, силовой трансформатор, инвертор, частотное зондирование, аудиодиапазон, Балтийский щит, сейсмоактивная зона, сейсмогенный слой, проводящий слой, ДД-слой.

**Цитируйте эту статью как:** Колобов В.В., Баранник М.Б., Ефимов М.Б., Жамалетдинов А.А., Шевцов А.Н., Копытенко Ю.А. Генератор “Энергия-4” для мониторинга сейсмоактивных зон и электромагнитного зондирования земной коры: Опыт применения в эксперименте “Ковдор-2015”// *Сейсмические приборы. 2017. Т. 53, № 3. С.55–73. DOI: 10.21455/si2017.3-5.*

## Литература

- Баранник М.Б., Данилин А.Н., Ефимов Б.В., Колобов В.В., Прокопчук П.И., Селиванов В.Н., Шевцов А.Н., Копытенко Ю.А., Жамалетдинов А.А. Высоковольтный силовой инвертор генератора “Энергия-2” для электромагнитных зондирований и мониторинга очаговых зон землетрясений // *Сейсмические приборы*. 2009а. Т. 45, № 2. С.5–23.
- Баранник М.Б., Данилин А.Н., Ефимов Б.В., Колобов В.В., Прокопчук П.И., Селиванов В.Н., Копытенко Ю.А., Жамалетдинов А.А. Высоковольтный выпрямитель генератора “Энергия-2” для электромагнитных зондирований и мониторинга очаговых зон землетрясений // *Сейсмические приборы*. 2009б. Т. 45, № 3. С.34–43.
- Баранник М.Б., Колобов В.В., Шевцов А.Н., Жамалетдинов А.А. Генераторно-измерительный комплекс направленного действия “Энергия-2м” для сейсмического мониторинга и зондирования рудных объектов // *Сейсмические приборы*. 2012. Т. 48, № 1. С.1–22.
- Барсуков О.М. О связи электрического сопротивления горных пород с тектоническими процессами // *Изв. АН СССР. Физика Земли*. 1970. № 1. С.84–89.
- Ваньян Л.Л. Электромагнитные зондирования. М.: Научный мир, 1997. 218 с.
- Вешев А.В. Электропрофилирование на постоянном и переменном токе. Л.: Недра, 1980. 391 с.
- Геологическая карта Кольского региона (северо-восточная часть Балтийского щита) масштаба 1:500000 / Гл. ред. Ф.П. Митрофанов. Апатиты: ГИ КНЦ РАН, 1996.
- Ельцов И.Н., Маништейн А.К., Морозова Г.М., Неведорова Н.Н., Сидорин А.Я. Электромагнитные зондирования на Гармском полигоне методом становления поля // *Электрическое взаимодействие геосферных оболочек*. М: ОИФЗ РАН. 2000. С.183–192.
- Зейгарник В.А., Сидорин А.Я. Генераторные установки периодического действия и их применение в исследованиях по прогнозу землетрясений // *Сейсмические приборы*. 1997. Вып.28. С.69–88.
- Жамалетдинов А.А. Теория и методика глубинных электромагнитных зондирований с мощными контролируемыми источниками (опыт критического анализа). СПб: “СОЛО”, 2012. 163 с.
- Жамалетдинов А.А., Шевцов А.Н., Токарев А.Д., Корья Т. Частотное электромагнитное зондирование земной коры на территории Центрально-Финляндского гранитоидного комплекса // *Изв. РАН. Физика Земли*. 2002. № 11. С.54–68.
- Жамалетдинов А.А., Велихов Е.П., Шевцов А.Н., Колобов В.В., Колесников В.Е., Скороходов А.А., Короткова Т.Г., Ивонин В.В., Рязанцев П.А., Бируля М.А. Эксперимент “Ковдор-2015” по изучению параметров слоя дилатантно-диффузионной природы проводимости в архейском кристаллическом основании Балтийского щита. // *Докл. РАН*. 2017. Т. 474, № 4. С.477–482.
- Идармачев Ш.Г., Абдуллаев Ш.-С.О. Оценка тензочувствительности электрического сопротивления горных пород в сейсмоактивных районах // *Докл. РАН*. 1998. Т. 361, № 5. С.682–684.
- Колобов В.В., Баранник М.Б., Жамалетдинов А.А. Генераторно-измерительный комплекс “Энергия” для электромагнитного зондирования литосферы и мониторинга сейсмоактивных зон. СПб: “СОЛО”, 2013. 240 с.
- Колобов В.В., Куклин Д.Н., Шевцов А.Н., Жамалетдинов А.А. Многофункциональная цифровая измерительная станция КВВН-7 для электромагнитного мониторинга сейсмоактивных зон // *Сейсмические приборы*. 2011. Т. 47, № 2. С.47–61.
- Николаевский В.Н. Катакластическое разрушение пород земной коры и аномалии геофизических полей // *Изв. РАН. Физика Земли*. 1996. № 4. С.41–50.
- Осташевский М.Г., Сидорин А.Я. Аппаратура для динамической геоэлектрики. М.: ИФЗ АН СССР, 1990. 206 с.

*Осташевский М.Г., Полтанов А.Е., Сидорин А.Я.* Генераторная техника для исследований по прогнозу землетрясений методом электромагнитных зондирований с накоплением сигналов // *Сейсмические приборы*. Вып.27. М.: ОИФЗ РАН. 1997. С.15–20.

*Сидорин А.Я.* Предвестники землетрясений. М.: Наука, 1992. 192 с.

*Сушков В.В., Мальгин Г.В., Гладких Т.Д., Зябкин А.А.* Диагностика и управление электротехническими комплексами погружных установок электроцентробежных насосов. Нижневартовск: Изд-во Нижневарг. гос. ун-та, 2013. 112 с.

*Хвостов В.С.* Электрические машины: Машины постоянного тока. М.: Высшая школа, 1988. 336 с.

*Шмонов В.М., Витовтова В.М., Жариков А.В.* Флюидная проницаемость пород земной коры. М.: Научный Мир, 2002. 216 с.

*Korepanov V.Ye.* Electromagnetic sensors for microsattellites // Proceedings of IEEE “Sensors”, 2002. P.1718–1722.

*Kopytenko Ye.A., Palshin N.A., Poljakov S.V., Schennikov A.V., Reznikov B.I., Samsonov B.V.* New portable multifunctional broadband MT System // IAGA WG 1.2 on Electromagnetic Induction in the Earth 20th Workshop Abstract, Giza, Egypt, September 18–24, 2010.

*Zhamaletdinov A.A., Shevtsov A.N., Tokarev A.D., Korja T., Pedersen L.* Experiment on the Deep Frequency Sounding and DC Neasurements in the Central Finland Granitoid Complex // Electromagnetic Induction in the Earth. 14th Workchop in Sinaia (Romania), 1998. P.83.

#### *Сведения об авторах*

**КОЛОБОВ Виталий Валентинович** – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, Центр физико-технических проблем энергетики Севера Кольского научного центра РАН. 184209, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 14. Тел.: +7(81555) 795-29. E-mail: 1\_i@mail.ru

**БАРАННИК Максим Борисович** – научный сотрудник, Центр физико-технических проблем энергетики Севера Кольского научного центра РАН. 184209, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 14. Тел.: +7(81555) 795-29. E-mail: maxbar@ien.kolasc.net.ru

**ЕФИМОВ Борис Васильевич** – доктор технических наук, директор, Центр физико-технических проблем энергетики Севера Кольского научного центра РАН. 184209, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 14. Тел.: +7(81555) 794-07. E-mail: efimov@ien.kolasc.net.ru

**ЖАМАЛЕТДИНОВ Абдулхай Азымович** – доктор геолого-минералогических наук, главный научный сотрудник, Санкт-Петербургский филиал Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН. 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 5, лит. Б, Аб. ящик 10; главный научный сотрудник, Геологический институт Кольского научного центра РАН. 184209, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 14; главный научный сотрудник, Центр физико-технических проблем энергетики Севера Кольского научного центра РАН. 184209, Мурманская область, г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 14. Тел.: +7(921) 573-52-63. E-mail: abd.zham@mail.ru

**ШЕВЦОВ Александр Николаевич** – кандидат физико-математических наук, старший научный сотрудник, Геологический институт Кольского научного центра РАН. 184209, Мурманская обл., г. Апатиты, ул. Ферсмана, д. 14. Тел.: +7(81555) 792-08. E-mail: anshev2009-01@rambler.ru

**КОПЫТЕНКО Юрий Анатольевич** – доктор физико-математических наук, директор, Санкт-Петербургский филиал Института земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн им. Н.В. Пушкова РАН. 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., д. 5, лит. Б, Аб. ящик 10. Тел.: +7(812) 323-78-45. E-mail: office@izmiran.spb.ru

ISSN: 0131-6230, eISSN: 2312-6965, DOI: 10.21455/si, [http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=25597](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=25597)).  
English translation: *Seismic Instruments*, ISSN: 0747-9239 (Print) 1934-7871 (Online),  
<https://link.springer.com/journal/11990>

*Сейсмические приборы. 2017. Т. 53, № 3, с.55-73. DOI: 10.21455/si2017.3-5*

***The metadata in English is presented at the end of the article!***

---

---