

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ МОЩНОСТИ ИСТОЧНИКОВ ПИТАНИЯ НЕВЗРЫВНОГО ИМПУЛЬСНОГО ИСТОЧНИКА СЕЙСМИЧЕСКОГО СИГНАЛА, КАК ИМПУЛЬСНОЙ НАГРУЗКИ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ

©2012 А.А. Шевцов, К.Х. Узбеков

Тольяттинский государственный университет

Поступила в редакцию 18.07.2012

Сравниваются энергетические показатели работы блоков заряда емкостного накопителя системы питания невзрывных импульсных источников сейсмического сигнала с электромеханическим приводом, применяемых для водной и наземной сейсморазведке полезных ископаемых, проведен анализ влияния и оценка эффективности и целесообразности использования устройства компенсирующего мощность при совместной работе с устройством заряда емкостного накопителя системы питания.

Ключевые слова: импульсный невзрывной источник сейсмических волн, система питания электромеханического привода, система заряда емкостного накопителя, компенсация мощности.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы повышения производительности и качества сейсморазведочных работ при поиске полезных ископаемых, достижения нового уровня точности и разрешающей способности сейсморазведочных работ в значительной степени определяют эффективность сейсморазведочных работ в части перспективности дальнейшей добычи разведанных объемов полезных ископаемых. Поэтому повышение производительности и разрешающей способности сейсморазведочных работ является постоянно актуальной проблемой [1].

Применение в сейсморазведке нефтяных, газовых и других месторождений невзрывных источников сейсмического сигнала (сейсмоисточников) является одним из основных направлений снижения наносимого природе экологического вреда, повышения производительности и снижения затрат при проведении сейсморазведочных работ [1, 2].

В настоящее время невзрывная сейсморазведка на основе импульсных источников сейсмических волн предполагает исключительное использование оригинальных импульсных источников типа «Енисей» и «Геотон» с приводом электромеханического типа (с короткоходовым электромагнитным двигателем). Источники такого типа, динамика работы которых основана на принципе учета основных реологических особенностей грунта, были впервые предложены и разработаны в конце 90-х годов в Тольяттинском государственном университете (Тольяттинском политех-

ническом институте) коллективом под научным руководством заслуженного деятеля науки и техники РФ, профессора Ивашина В.В. [2, 4, 5].

Актуальной является задача создания импульсных невзрывных сейсмоисточников, обладающих повышенными удельными силовыми, массогабаритными и энергетическими характеристиками, с учетом современных достижений в области импульсных электромеханических приводов, силовой полупроводниковой техники и современных систем управления [2, 3, 7].

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Электромеханический двигатель источника с системой питания, в основном определяют удельную мощность, к.п.д., частоту повторения рабочих циклов, надежность, диапазон регулирования рабочих характеристик, т.е. основные технико-экономические показатели источника сейсмических волн. Система питания электромеханического двигателя сейсмоисточника представляет собой преобразователь электрической энергии ограниченной мощности в кратковременный сильноточный импульс. Наиболее высокие технико-экономические показатели имеют импульсные схемы возбуждения магнитных полей на базе емкостных накопителей энергии.

Импульсный сейсмоисточник представляет автономную электромеханическую систему, включающую в себя электромеханический преобразователь (ЭМП), схему разряда, формирующую выходной токовый импульс (СР), емкостной накопитель энергии (ЕН), схему заряда емкостного накопителя (СЗ), первичный источник электропитания (ИП) и систему управления (СУ). Структурная схема сейсмоисточника представлена на рис. 1.

Шевцов Александр Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Промышленная электроника».

E-mail: A.Shevtsov@tlt.su.ru, A_Shevtsov@list.ru

Узбеков Камиль Харьясович, старший преподаватель кафедры «Промышленная электроника»

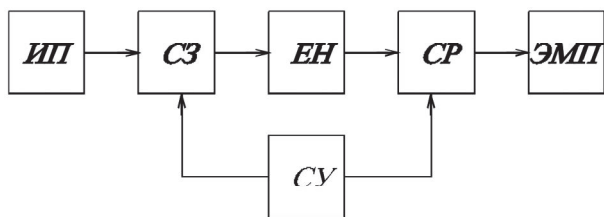


Рис. 1. Структурная схема невзрывного импульсного сейсмоисточника с электромеханическим приводом

Работа современных импульсных сейсмоисточников осуществляется с определенным периодом повторения от 1 до 6 секунд. В ходе работы сейсмоисточника, схема разряда формирует выходной токковый импульс заданной длительности, в диапазоне от 2-6 мс. Энергия из емкостного накопителя передается в обмотки электромеханического двигателя, представляющего собой индуктивную нагрузку. По окончании формирования выходного импульса энергия магнитного поля преобразователя за вычетом омических потерь и энергии преобразованной в механическую может быть рекуперирована в емкостной накопитель.

Особое место на этапе проектирования системы питания импульсных электромеханических преобразователей сейсмоисточников занимает вопрос оценки их показателей мощности, характеризующих комплекс «система питания – импульсный электромеханический преобразователь» как единую нагрузку первичных источников электрической энергии. Значимость этого вопроса обусловлена автономностью функционирования геологоразведочных партий, использующих в качестве своего инструментария сейсмоисточники с электромеханическим преобразованием. В качестве источников электрической энергии в таких партиях, как правило, используют дизель-генераторные, реже газо-генераторные установки. Зачастую, промежуточным звеном между генераторной установкой и источником питания электромеханического преобразователя выступают аккумуляторные батареи. Аккумуляторы могут использоваться как источники энергии на рабочую смену с последующей зарядкой в перерывах между работой или как своеобразные демпферные элементы между генераторной установкой и системой питания сейсмоисточника. Изменение в широких пределах параметров напряжения первичного источника электропитания, в качестве которого, как правило, используется электромашинный генератор, приводимый во вращение двигателем транспортного средства, также накладывают особые условия работы системы питания.

Рассмотрим наиболее распространенный случай, когда генерация импульсов сейсмичес-

кого сигнала, как правило, происходит с периодом от 1 до 5-6 секунд и, соответственно, с таким же периодом происходит процесс заряда и разряда накопительной конденсаторной батареи.

Как известно, работа электротехнических систем в импульсном периодическом режиме может приводить к потреблению от источников электрической энергии помимо активной мощности, также и неактивных составляющих – реактивной мощности и мощности искажения. Это приводит к расходованию дополнительной энергии со стороны источника питающего напряжения. В этом случае возникает две проблемы:

- потребление системой «источник питания – электромеханический преобразователь» дополнительной электрической энергии приводит к увеличенному расходованию органического топлива,

- снижается время автономной работы от аккумуляторов с одной стороны, а в некоторых случаях – и ресурс работы самих аккумуляторных батарей.

Одним из основных способов борьбы с неактивными составляющими в составе полной мощности, потребляемой от источника электрической энергии в промышленных сетях, является использование компенсаторов неактивной мощности. Они могут быть выполнены в виде секционированных конденсаторных батарей с тиристорной коммутацией (конденсаторные компенсаторы реактивной мощности), в виде статических компенсаторов на базе полупроводниковых преобразователей, обладающих наилучшими динамическими свойствами, а также на базе ряда электромеханических решений.

АНАЛИЗ ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМПЕНСИРУЮЩИХ УСТРОЙСТВ В СИСТЕМАХ ПИТАНИЯ ИМПУЛЬСНЫХ СЕЙСМОИСТОЧНИКОВ

Рассмотрим потенциальную эффективность и целесообразность использования совместно с источниками питания электромеханических преобразователей сейсмоисточников компенсирующих устройств.

С этой целью исследуем работу двух типовых зарядных блоков источников питания переносного сейсмоисточника «КВАНТ» (производственное наименование типа «МИСС-У-3») [6-8], в качестве нагрузки которых выступает электромеханический привод экспериментального образца водного импульсного источника, с двигателем индукционно-динамического типа. Первичным источником питания является стартерная аккумуляторная батарея емкостью 55 А/ч с напряжением 12 В.

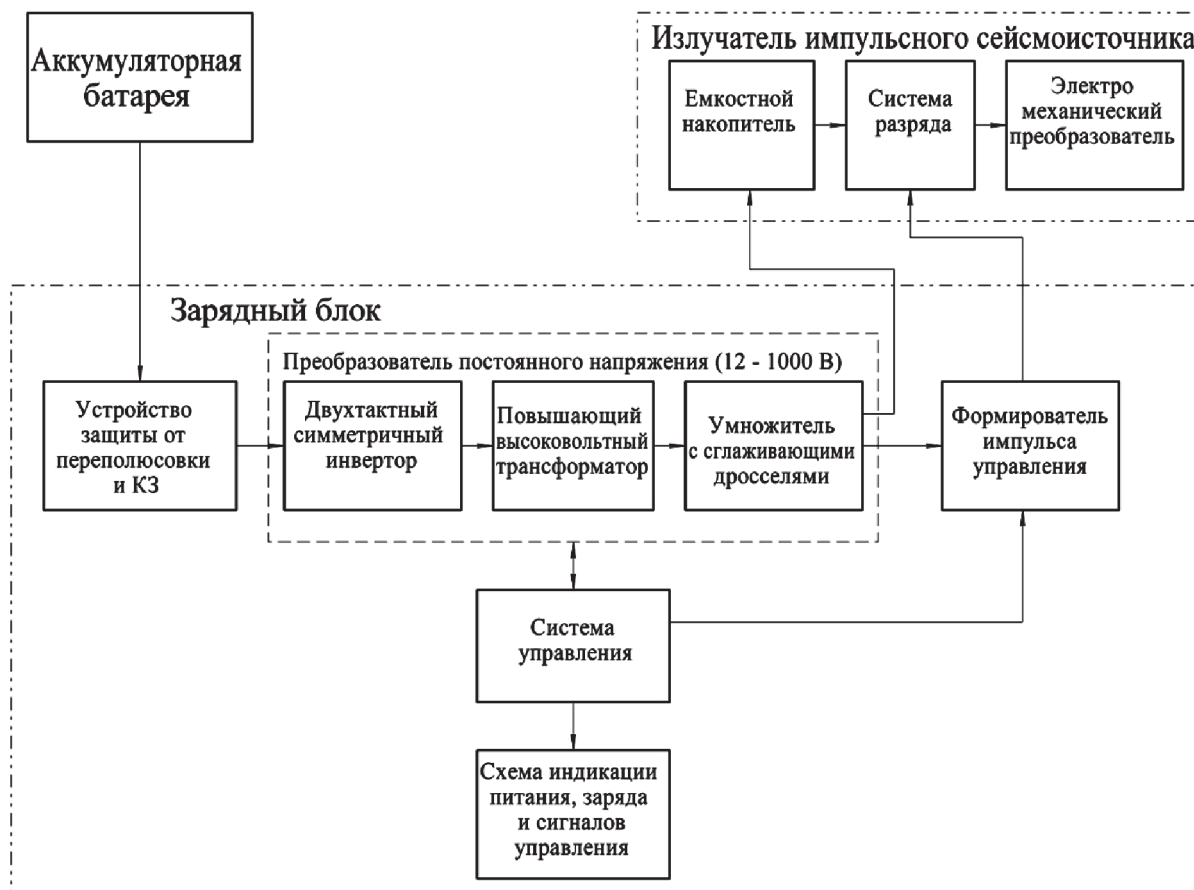


Рис. 2. Структурная схема зарядного блока 1 типа системы питания невзрывного импульсного сейсмоисточника с электромеханическим приводом

Структура зарядного блока первого типа системы питания показана на рис. 2. Зарядный блок системы питания импульсного сейсмоисточника состоит из устройства защиты от переплюсовки и короткого замыкания, преобразователя постоянного напряжения, формирователя импульсов управления, системы управления, схемы индикации заряда и сигналов управления [8].

Устройство защиты от переплюсовки и короткого замыкания предохраняет зарядный блок от ошибочного подключения к аккумулятору в неправильной полярности, а также аккумуляторную батарею от короткого замыкания при выходе из строя элементов зарядного блока.

Преобразователь постоянного напряжения представляет собой двухтактный симметричный инвертор с повышающим трансформатором и умножителем напряжения с сглаживающими дросселями на выходе умножителя. Инвертор преобразует постоянное напряжение в переменное напряжение прямоугольной формы, которое повышается трансформатором до уровня порядка 500 В и далее удваивается умножителем до уровня 1000 В. Умножитель на выходе содержит балластные дроссели сглаживающие выходной ток заряда емкостного накопителя. При заданных условиях напряжение на емкостном накопи-

теле достигает значения в 950 В (рабочее напряжение источника) в течение 1 секунды.

Формирователь импульса управления усиливает сигнал внешнего запуска до уровня, достаточного для надежного срабатывания оптоэлектронного разрядной схемы сейсмоисточника.

Схема индикации заряда накопителя сигнализирует о том, что выходное напряжение второй ступени достигло заданного значения (1000 В).

Возможна одновременная работа двух сейсмоисточников от одного зарядного блока (при пропорциональном снижении времени заряда их накопителей).

Структура зарядного блока второго типа представлена на рис. 3 [8]. В отличие от зарядного блока первого типа, представленного на рис. 2, преобразователь постоянного напряжения содержит две ступени повышения напряжения, а также предусмотрена схема индикации разряда аккумулятора.

Первая ступень содержит двухтактный симметричный инвертор с повышающим трансформатором и выпрямителем на выходе и осуществляет предварительное повышение напряжения до 200 вольт. Также в её функции входит стабилизация этого напряжения при колебаниях напряжения аккумуляторной батареи, что необхо-

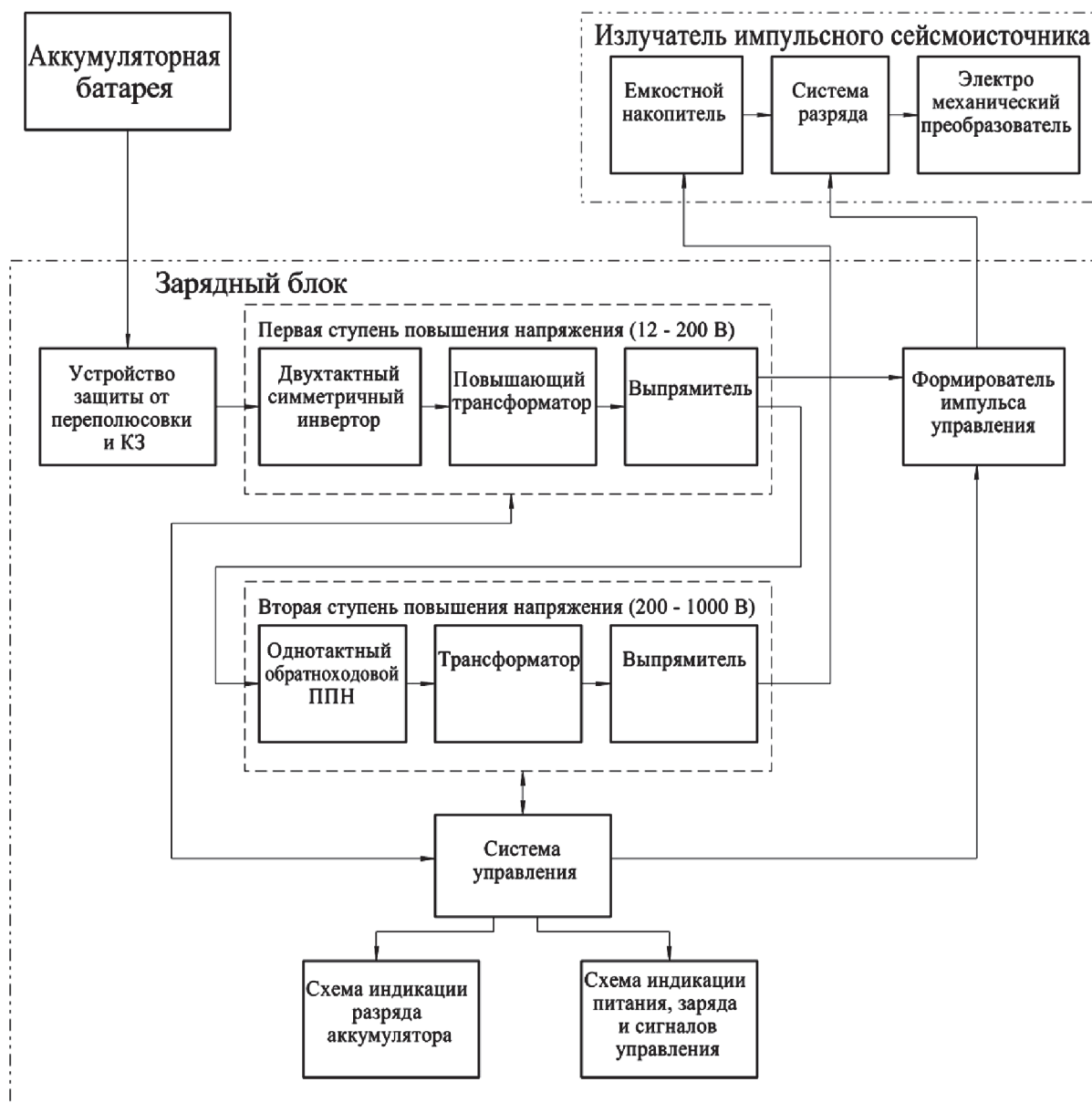


Рис. 3. Структурная схема зарядного блока 2 типа системы питания невзрывного импульсного сейсмоисточника с электромеханическим приводом

димом для надежной работы второй ступени.

Вторая ступень представляет собой однотактный обратногоходовой преобразователь постоянного напряжения, выполненный на силовом интеллектуальном ключе, трансформаторе и высоковольтном выпрямителе, и осуществляет плавный заряд накопительного конденсатора сейсмоисточника от 200 до 1000 вольт и поддержание этого напряжения до момента срабатывания сейсмоисточника. В момент срабатывания она прекращает работу (блокируется) на несколько десятков миллисекунд, что необходимо для надежной коммутации силового тиристора в разрядной схеме источника.

Схема индикации разряда аккумулятора непрерывно следит за напряжением питания цепей управления первой ступени. Снижение этого напряжения до величины ниже 11 вольт опасно

для силовых транзисторов инвертора первой ступени. Такая ситуация возникает при просадке напряжения аккумулятора до 8 – 9 вольт. В этом случае схема индикации разряда аккумулятора выдает сигнал внешним устройствам. Работа других блоков аналогично описанным выше.

Для экспериментального исследования работы систем питания с двумя типами зарядных блоков в рабочих режимах использовали осциллограф Tektronix TDS1012 и датчик тока LT 100-S. Сняли осциллограммы тока, потребляемого системой от аккумулятора и напряжение на клеммах аккумулятора (рис. 4), сохранив их также в виде файла с набором численных значений.

Аналогично описанному выше получили осциллограммы кривых тока, потребляемого системой питания при заряде аккумуляторной батареи и напряжения на клеммах аккумуляторной

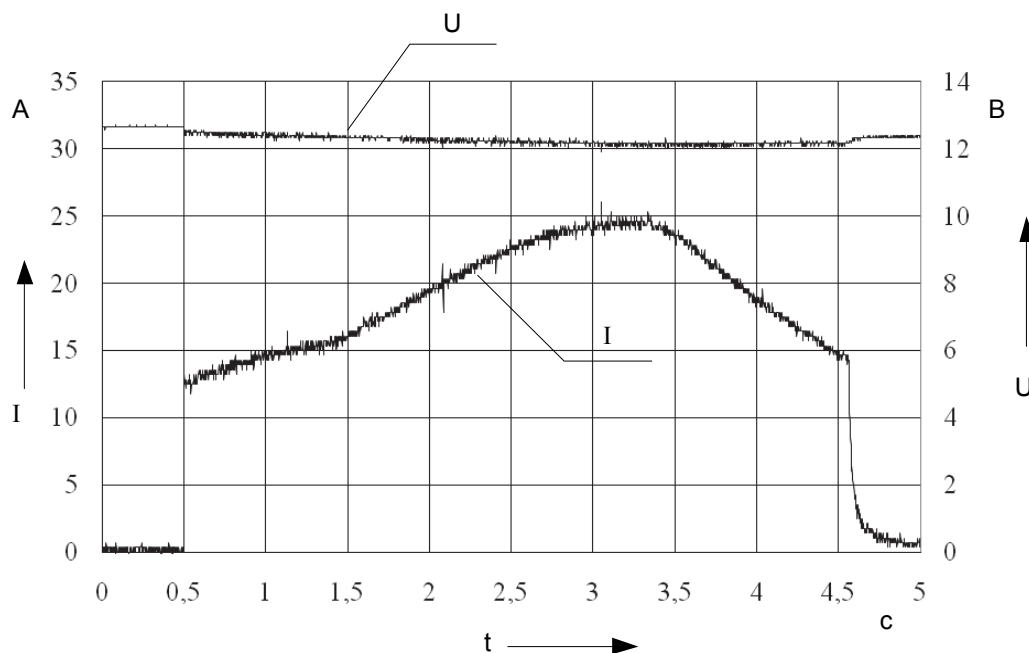


Рис. 4. Осциллограммы тока и напряжения на аккумуляторе при заряде емкостного накопителя экспериментального образца водного импульсного источника, с двигателем индукционно-динамического типа с зарядным блоком 1 типа

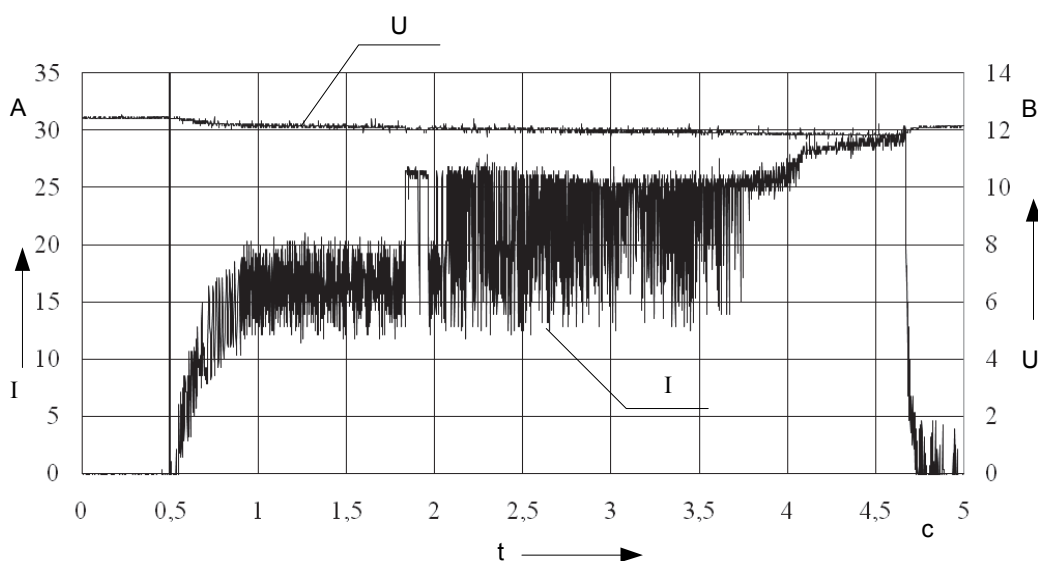


Рис. 5. Осциллограммы тока и напряжения на аккумуляторе при заряде емкостного накопителя экспериментального образца водного импульсного источника, с двигателем индукционно-динамического типа с зарядным блоком 2 типа

батареи. Осциллограммы показаны на рис. 5.

Наиболее достоверная картина составляющих полной мощности для импульсных режимов работы потребителей электрической энергии получается при использовании теории полной мощности и ее составляющих, изложенной, например, в [9]. В соответствии с этим, выражения для определения полной мощности S , активной мощности P , реактивной мощности Q , мощности искажения D и коэффициента мощности k , как показано в [9] выглядят следующим образом:

$$S = \sqrt{P^2 + Q^2 + D^2}, \quad (1)$$

$$P = \frac{1}{T} \int_0^T u(t)i(t)dt, \quad (2)$$

$$Q = \left[\sum_{n=0}^{\infty} \left(\frac{n\omega}{T} \int_0^T i_n(t) \left(\int_0^t u_n(\tau)d\tau \right) dt \right)^2 \right]^{1/2}, \quad (3)$$

$$D = \left[\frac{1}{2T} \int_0^T \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} (u_m(t)i_n(t) - i_m(t)u_n(t))^2 dt \right]^{1/2}, \quad (4)$$

$m \neq n$

$$k = P/S. \quad (5)$$

Выполнив вычисления в соответствии с (1)-(5) получим результаты, которые сведем в табл. 1.

Из таблицы видно, что несмотря на использование в качестве источника электрической энергии аккумуляторной батареи, в составе полной мощности, кроме активной присутствуют и неактивные составляющие и наибольшую величину имеет мощность искажения D. При этом коэффициент мощности не равняется 1.

Для оценки влияния компенсирующих устройств при совместном использовании соответственно зарядных блоков 1 и 2 типов воспользуемся способом вычисления компенсационного воздействия, описанным в [10]. В соответствии с этим способом, компенсационный ток вычисляется по выражению

$$i_c = - \left(i - u \frac{1}{T} \int_0^T \frac{i(t)}{u(t)} dt \right). \quad (6)$$

Вводя вычисленный компенсационный ток в систему параллельно источнику питания получим суммарный ток, потребляемый от аккумулятора, пропорциональный напряжению на его клеммах. После этого вычислив значения по (1)-(5) получим результаты с точность до первого знака после запятой, сведенные в табл. 2.

Для оценки изменения времени разряда аккумуляторных батарей до и после использования

компенсирующих устройств определим действующие значения токов, потребляемых от аккумуляторов и сведем их в табл. 3.

Видно, что введение компенсирующих устройств в обеих схемах привело к снижению действующего тока, потребляемого сейсмоисточником от аккумуляторной батареи. Это позволяет сделать вывод об увеличении времени автономной работы сейсмоисточников, питающихся от аккумуляторных батарей при введении в систему компенсирующих устройств, устраняющих в составе полной мощности неактивные составляющие.

ВЫВОДЫ

1. В составе полной мощности потребляемой источниками питания при использовании в качестве первичного источника аккумуляторной батареи, кроме активной присутствуют и неактивные составляющие и наибольшую величину имеет мощность искажения D. При этом коэффициент мощности не равняется 1.

2. Использование компенсирующих устройств совместно с системами питания импульсных сейсмоисточников способно минимизировать реактивную мощность и мощность искажений в составе полной мощности, потребляемой источником питания.

3. Использование компенсирующих устройств способно снизить значение действующего тока, потребляемого от первичного источника питания и как следствие увеличить время автономной работы источника при питании от аккумуляторных батарей.

4. Более перспективной с точки зрения

Таблица 1. Энергетические характеристики источников питания сейсмоисточников

Тип источника	Значение показателей мощности				
	S	P	Q	D	K
Источник 1	225	213	0,3	73	0,95
Источник 2	217	173	0,3	132	0,8

Таблица 2. Энергетические характеристики источников питания сейсмоисточников после введения компенсационных токов

Тип источника	Значение показателей мощности				
	S	P	Q	D	K
Источник 1	213	213	0,0	0,0	1
Источник 2	174	174	0,0	0,0	1

Таблица 3. Значения действующих токов, потребляемых источниками питания сейсмоисточников от аккумуляторных батарей до и после введения компенсаторов

Тип источника	Потребляемый ток, А	
	До компенсации	После компенсации
Источник 1	18,5	17,5
Источник 2	18,2	14,5

обеспечения энергоэффективности при условии использования компенсирующего устройства является система питания на основе зарядного блока 2 типа (с двухступенчатым повышением напряжения). Данная схема по сравнению с системой питания 1 типа, несмотря на меньшее значение коэффициента мощности (0,8) и большее значение мощности искажения при условии использования компенсирующего устройства характеризуется меньшим значением действующего тока, потребляемого от первичного источника питания.

Результаты получены в ходе проведения поисковых научно-исследовательских работ выполняемых в рамках реализации федеральной целевой программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 годы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шнеерсон М.В. Теория и практика наземной сейсморазведки [под ред. М. В. Шнеерсона]. М.: ОАО «Издательство Недр», 1998. 527 с
2. Певчев В.П., Ивашин В.В. Проектирование мощных короткоходовых импульсных электромагнитных двигателей: монография. Тольятти: Изд-во ТГУ, 2012. 142 с.
3. Ивашин В.В., Узбекиев К.Х. Анализ влияния уменьшения длительности механического импульса двигателя сейсмоисточника на его выходные характеристики // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2010. №3. С.95–100.
4. Импульсные электромагнитные источники «Енисей» от компании «Енисейгеофизика» // Приборы и системы разведочной геофизики. 2005. №2. С. 26–27.
5. Компания ГЕОСЕЙС представляет новый малогабаритный источник возбуждения “Геотон-06” / В.В. Анкушев, С.В. Гурьев, В.И. Резвов // Приборы и системы разведочной геофизики. 2004. №1. С. 14 – 15.
6. Пат. 2369883 Российская Федерация, МПК⁷ G 01 V 1/155. Импульсный невзрывной сейсмоисточник / Ивашин, В.В., Иванников, Н.А., Позднов М.В., Узбекиев К.Х.; заявитель и патентообладатели Ивашин, В.В., Иванников, Н.А., Позднов М.В., Узбекиев К.Х. – №2008114261/28; заявл. 11.04.2008; опубл. 10.10.2009. Бюл. №28.
7. Беляев В.Л. Вейхт Б.А. Новый переносной малогабаритный импульсный источник сейсмических сигналов «МИСС-У-3» // Приборы и системы разведочной геофизики. 2009. №3. С. 22 – 23.
8. Переносной малогабаритный источник сейсмических сигналов «КВАНТ». Описание технического и инструкция по эксплуатации. Саратов: ОАО «СКБ сейсмического приборостроения», 2010. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.skbsp.ru/ru/products/sources/qantum> (дата обращения: 02.11.2011).
9. Агунов М.В. Энергетические процессы в электрических цепях с несинусоидальными режимами и их эффективность. Кишинев – Тольятти: МолдНИИТЭИ, 1997. 84 с.
10. Пат. 2103779 Российская Федерация, МПК⁶ H02J 3/155. Способ динамической компенсации неактивных составляющих мощности / Агунов, М.В., Шевцов, А.А.; заявл. 10.07.1996; опубл. 27.01.1998. Бюл. №3.

INVESTIGATION OF PARAMETERS POWER SUPPLY CAPACITY NON-EXPLOSIVE PULSED SOURCES SEISMIC SIGNAL AS A PULSE LOAD BATTERY

©2012 A.A. Shevtsov, K. H. Uzbekov

Togliatti State University

Annotation: Are compared the energy parameters of systems of charge capacitive storage of non-explosive pulsed sources of the seismic signal with an electromechanical drive, which applied for aquatic and terrestrial seismic exploration of minerals, the analysis of the impact and the effectiveness and usefulness of the device compensates for power at work with a device of charge capacitive storage.

Key words: non-explosive pulsed seismic signal source, the power supply system of the electromechanical drive, system of the charge capacitor, the compensation capacity.

*Aleksandr Shevtsov, Candidate of Technics, Associate Professor, Head at the Industrial Electronics Department.
E-mail: A.Shevtsov@tlt.su.ru, A_Shevtsov@list.ru
Kamil Uzbekov, Senior Lecturer at the Industrial Electronics Department. E-mail: K.Uzbekov@tlt.su.ru*