

УДК 621.355; 621.362.535.215

ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ УСТАНОВКА СИСТЕМЫ НАВИГАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Г. А. Коликова¹, И. Л. Яковлева¹, С. Р. Юдилевич¹, В. В. Езерский¹, В. А. Клочков², И. А. Коростелёв²

¹ОАО «НИИИ “Источник”», Санкт-Петербург, Россия

²ЗАО «Техтранс», Санкт-Петербург, Россия

E-mail: nio13@mail.ru

Поступила в редакцию 22.11.10 г.

Представлены результаты натурных испытаний макетного образца энергетической установки системы навигационного оборудования с программным управлением на базе экологически чистой фотоэлектрической батареи, аккумуляторной свинцовой батареи и нового интеллектуального контроллера.

Ключевые слова: энергетическая установка, аккумуляторная батарея, фотоэлектрический модуль, контроллер, навигационное оборудование.

Results of field trials of the prototype energy installation system of navigational equipment (SNE) with computer control are presented. The energy installation SNE is based on friendly environmentally photovoltaic battery, rechargeable lead-acid battery and a new predictive controller.

Key words: energy installation, rechargeable battery, photovoltaic module, controller, navigational equipment.

За последние годы в ряде научных разработок как в России, так и за рубежом, нашли своё отражение новые требования к навигационному обеспечению мореплавания. Эти требования направлены на повышение точности определения места кораблей и судов в прибрежной зоне. Одним из путей решения данной задачи является создание нового вида визуальных систем навигационного оборудования (СНО) с использованием перспективных источников света и энергии и современного принципа управления СНО.

В работе представлены результаты разработки и испытаний макетного образца энергетической установки СНО с использованием фотоэлектрической батареи на базе солнечных модулей MSW80/12, аккумуляторной батареи (АБ) из свинцово-кислотных стационарных аккумуляторов с высокими энергетическими и эксплуатационными характеристиками и макета нового интеллектуального контроллера, созданного на основе современного монокристалльного микропроцессора и предназначенного для управления СНО широкого применения. Структурная схема комплекса СНО представлена на рис. 1.

В качестве возобновляемого источника питания СНО береговых светящихся знаков выбрана экологически безопасная фотоэлектрическая батарея, преобразующая солнечную энергию в электрическую, которая состоит из трёх двусторонних фотоэлектрических модулей серии MSW80/12, соединённых параллельно. Модуль выполнен в виде панели, заключённой в металлический корпус. При максимальной облучённости (1000 ± 50) Вт/м²

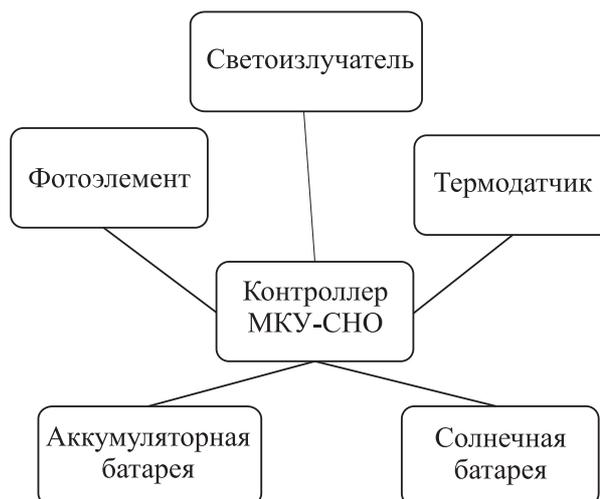


Рис. 1. Структурная схема комплекса СНО

и температуре $(25 \pm 2)^\circ\text{C}$ модуль имеет следующие электрические параметры:

I_p — ток в точке максимальной мощности — 4.7 А и 2.35 А (тыльная сторона);

U_p — напряжение в точке максимальной мощности, 17 В;

U_n — номинальное напряжение, 12 В;

W_p — максимальная мощность, 80 В и 40 В (тыльная сторона);

$I_{к.з.}$ — ток короткого замыкания, 5.53 А и 2.76 А (тыльная сторона);

U_x — напряжение холостого хода, 21.6 В и 21.2 В (тыльная сторона).

Для накопления электроэнергии с целью обеспечения работы навигационного знака в тёмное

время суток в предлагаемой системе использовалась аккумуляторная батарея, скомплектованная из 6-ти стационарных свинцовых аккумуляторов с монопанцирными электродами типа ТБ-450М, модернизированных ОАО «НИАИ “Источник”» (г. Санкт-Петербург) [1].

Аккумуляторы типа ТБ-450М (номинальная ёмкость 450 А·ч) имеют большой срок службы (20 лет) и повышенную наработку в режиме циклирования благодаря модернизации токоотвода и исключения опливания положительной активной массы за счёт монопанциря из кислотостойкой ткани.

Кроме того, для указанных целей могут быть использованы и другие стационарные свинцовые аккумуляторы, например типа OPzS с панцирными положительными электродами и сроком службы 15 лет [2].

Для управления системой был разработан, изготовлен и испытан в составе макетного образца энергетической установки автономных СНО современный интеллектуальный контроллер (МКУ-СНО), который, кроме управления комплексом по заданной программе, обеспечивает оптимальный заряд и тестирование состояния аккумуляторной батареи.

Наиболее близким зарубежным аналогом контроллера СНО является универсальный контроллер МХ 60 для заряда фотоэлектрических систем, который создан на основе научных достижений и многолетнего опыта фирмой Outback Power Systems — мировым лидером в данной области.

Отличительной особенностью разработанного контроллера МКУ-СНО является направленность на работу в составе береговых навигационных знаков в отличие от МХ 60. Это позволяет достаточно легко адаптировать его по требованию заказчика к условиям выполнения конкретной задачи (например, для обеспечения дистанционного мониторинга системы).

Контроллер СНО имеет архив на 480 записей о состоянии фотоэлектрической системы; интервал архивации программируется. При 15-минутном интервале регистрации параметров архив контроллера обеспечивает хранение информации за 5 суток, при 24-часовом интервале соответственно за 480 суток.

В процессе испытаний контроллер фиксировал ёмкость, отданную АБ при разряде в ночное время, количество электричества, сообщённое АБ в процессе заряда, суммарное количество электричества, прошедшее через АБ, напряжение на АБ, ток заряда (разряда) и температуру окружающей среды. Указанные параметры регистрировались контроллером, а затем обрабатывались на компьютере. Диаграмма токов заряда-разряда за 5 суток января 2010 г. приведена на рис. 2.

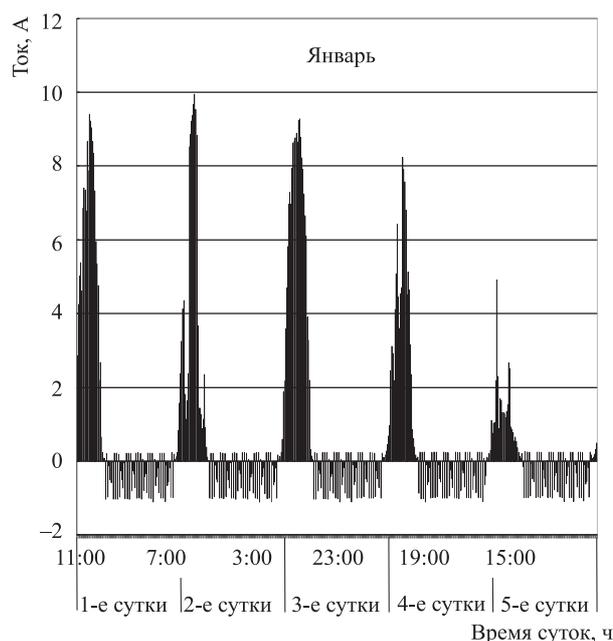


Рис. 2. Диаграмма зарядно-разрядных токов в течение 5 суток эксплуатации аккумуляторной батареи установки СНО

Кроме того, в процессе эксплуатации АБ в составе СНО периодически контролировались температура и плотность электролита, а также напряжение на аккумуляторах и АБ с использованием цифрового мультиметра типа АРРА.

Энергетическая макетная установка СНО с программным управлением эксплуатировалась на территории ОАО «НИАИ “Источник”» с декабря 2006 г. по июнь 2010 г. в автономном режиме в натуральных условиях, практически без обслуживания, за исключением того, что один раз в год в летний период в аккумуляторы доливалась дистиллированная вода.

Анализ полученных данных показал, что условно годовую эксплуатацию макетной установки СНО можно разделить на четыре периода, соответствующих минимальному, максимальному и среднему потреблению энергии от АБ для электропитания светоизлучателя. Зарегистрированные МКУ-СНО в процессе эксплуатации макетной установки изменения ёмкости АБ и среднесуточной температуры в течение июня, октября, декабря (2007 г.) и марта 2008 г. представлены на рис. 3; изменения напряжения и среднего тока заряда при минимальном (июнь) и максимальном (декабрь) потреблении энергии — на рис. 4.

Из анализа графиков, приведённых на рис. 3, следует, что значение ёмкости АБ в периоды средней и максимальной продолжительности светового дня близко к номинальной величине. С уменьшением светового дня (октябрь) ёмкость АБ уменьшается, а в декабре, в условиях коротких пас-

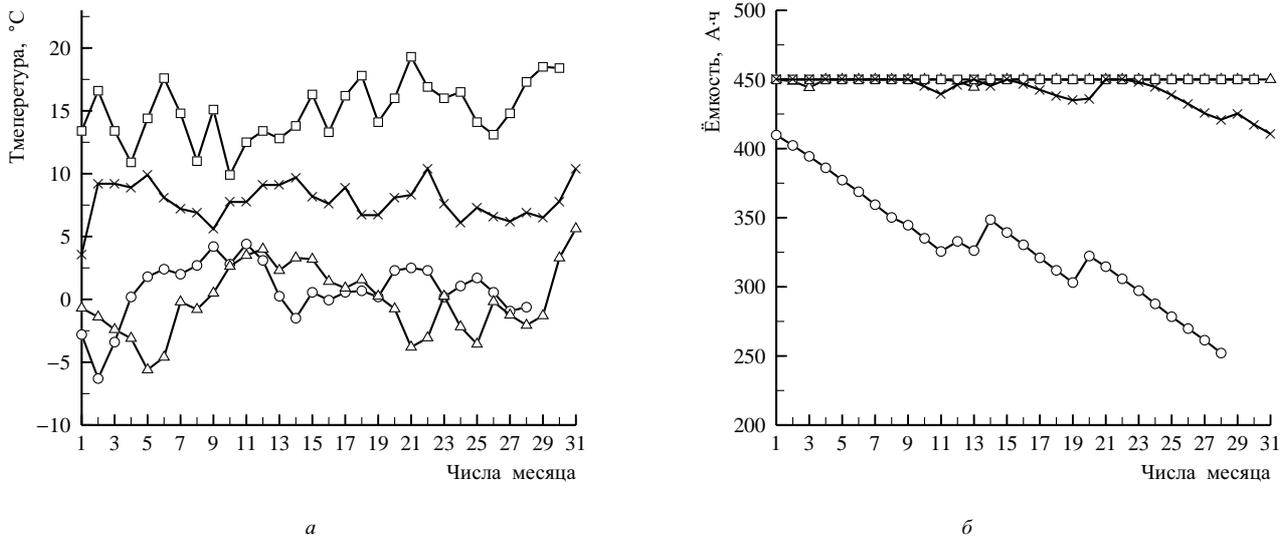


Рис. 3. Изменение среднесуточной температуры (а) и ёмкости (б) аккумуляторной батареи в процессе эксплуатации макетной установки СНО в условиях минимального (июнь □), максимального (декабрь ○) и среднего (октябрь ×, март △) потребления энергии

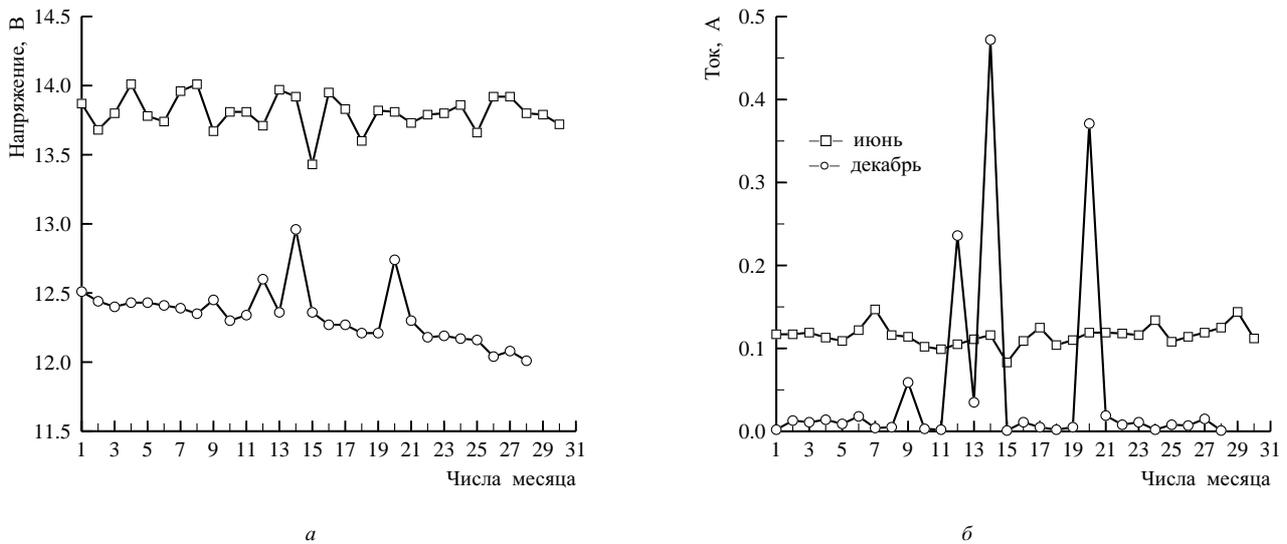


Рис. 4. Изменение напряжения аккумуляторной батареи (а) и средней величины тока заряда от солнечной батареи (б) в процессе эксплуатации макетного образца СНО в период минимального (июнь □) и максимального (декабрь ○) потребления энергии

мурных дней, наблюдается интенсивное падение напряжения АБ (см. рис. 4) и ёмкости до 55% от номинальной (см. рис. 3). В отдельные солнечные дни (12, 14 и 20 декабря) средний зарядный ток достигает 4–5 А, что, однако, не может компенсировать потребление энергии светоизлучателем, так как продолжительность его работы от АБ составляет 18 и более часов в сутки при среднем токе потребления 0.5 А.

С увеличением светового дня (см. рис. 2, 5) и количества солнечных дней возрастает интенсивность заряда АБ, наблюдается увеличение напряжения АБ; зарядный ток в отдельные дни достигает значения 10 А (см. рис. 2).

В период максимальной продолжительности светового дня АБ полностью заряжена, о чем свидетельствует напряжение АБ и плотность электролита (рис. 5). В середине июня длительность потребления электроэнергии светоизлучателем составляет не более 5-ти часов, длительность заряда — ~ 19 часов. В этих условиях контроллер пропускает через АБ ток заряда не более 1.5–2 А (см. рис. 4), ограничивая перезаряд АБ и электролиз воды.

В осенний период батарея активно принимает заряд: в отдельные солнечные дни зарядный ток достигает 10–15 А. При температуре 9–11°C контроллер поддерживает более высокое зарядное

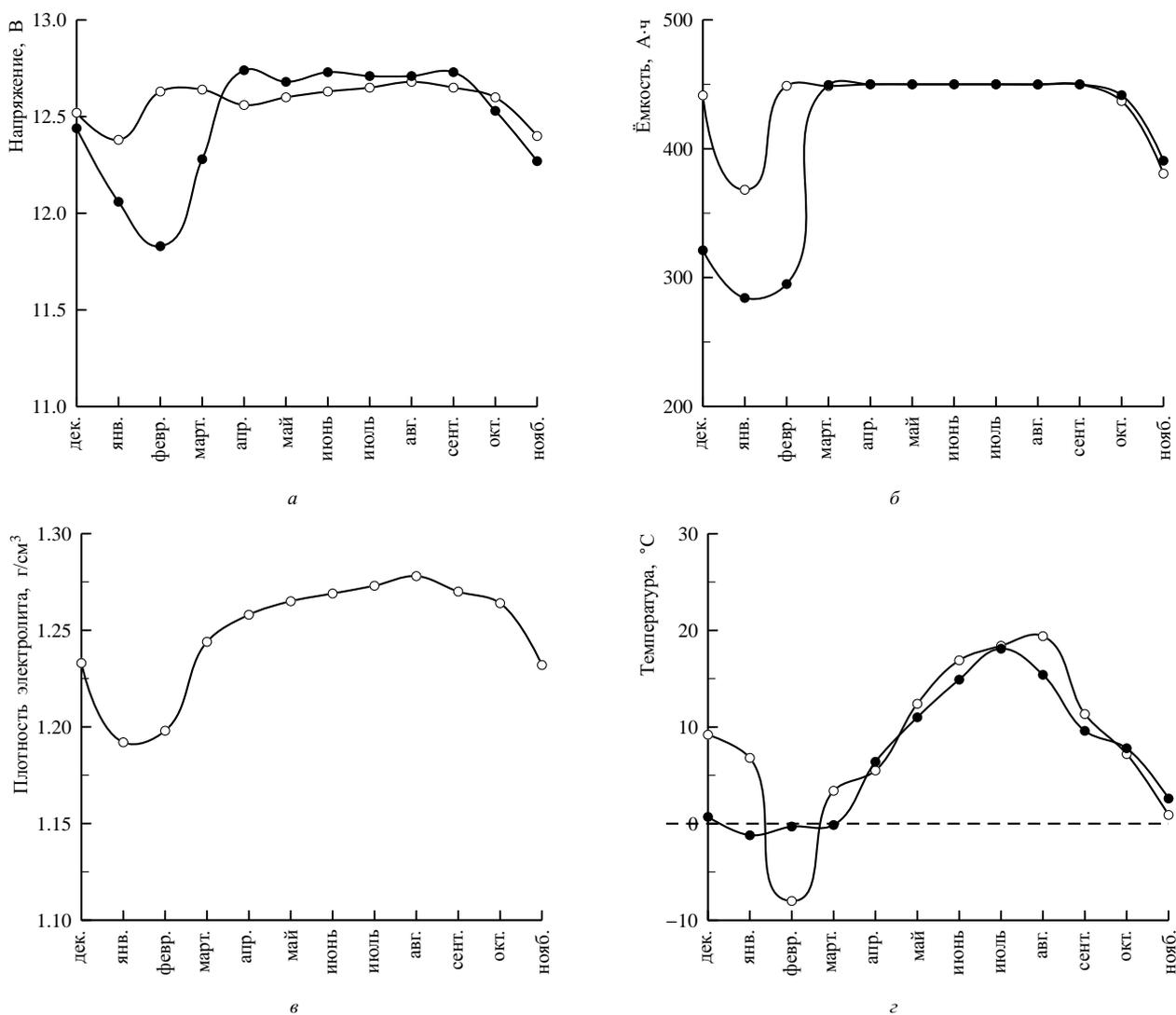


Рис. 5. Изменение напряжения (а), ёмкости (б), плотности электролита (в) и температуры (г) (среднемесячные параметры) аккумуляторной батареи в процессе эксплуатации макетной установки СНО в период 2006–2007 (○) и 2007–2008 (●) гг.

напряжение на АБ, что увеличивает интенсивность заряда, однако в целом ёмкость АБ уменьшается (см. рис. 3, октябрь).

Приведённые на рис. 5 результаты испытания макетной установки СНО за два года эксплуатации свидетельствуют о том, что напряжение АБ является наиболее объективным показателем её состояния. Это подтверждается аналогичностью кривых изменения плотности электролита и изменением ёмкости, записанной контроллером. Наиболее неблагоприятными периодами для АБ оказались ноябрь, декабрь и январь 2007 г. и декабрь, январь и февраль 2008 г., когда из-за пасмурной погоды АБ работала практически без подзаряда. В марте ёмкость АБ полностью восстанавливается и становится практически постоянной с апреля по сентябрь, о чем свидетельствует и постоянство напряжения АБ (см. рис. 5).

Результаты исследования показали, что в качестве основного параметра контроля за состоянием АБ в составе СНО следует принять напряжение АБ. С учётом возможностей контроллера запись напряжения может производиться ежедневно в течение ~ 1.5 лет (480 записей архивации) и использоваться для дистанционного контроля и управления. Для обеспечения длительного периода эксплуатации АБ в составе СНО один раз в год в период с мая по август необходимо производить доливку дистиллированной воды в аккумуляторы.

Обеспечить полную автономность работы СНО можно за счёт применения герметизированных стационарных свинцовых аккумуляторов, благодаря их способности принимать заряд малыми токами даже при низких (минус 30 °С) температурах [3]. Такие аккумуляторы, адаптированные к условиям применения, используются зарубежом

в энергетических установках на базе возобновляемых источников энергии [2]. Учитывая надёжность, безопасность и безуходность герметизированных стационарных свинцовых аккумуляторов, целесообразно применять их для обеспечения энергией удалённых объектов, работающих в экстремальных условиях. В настоящее время герметизированные свинцовые аккумуляторы в нашей стране не производятся, поэтому необходима разработка унифицированного ряда аккумуляторов ёмкостью 200–3000 А·ч для различных областей применения, в том числе для систем навигационного оборудования, телекоммуникаций и связи.

Из изложенного следует, что предложенная современная энергетическая установка СНО с программным управлением позволяет обеспечить автономную эксплуатацию средств навигационного оборудования в автоматическом режиме в течение года и решить ряд экономических и экологических проблем.

Разработан интеллектуальный контроллер МКУ-СНО, управляющий работой всех составных

частей СНО в заданном режиме, который оптимизирует условия заряда АБ от солнечной батареи в зависимости от степени её разряженности, температуры и интенсивности светового потока, что способствует увеличению срока службы АБ.

Натурные испытания макетного образца СНО с программным управлением показали возможность создания на основе отечественных разработок современного энергетического навигационного оборудования для гидрографической службы РФ, а также для автономных систем энергообеспечения различных объектов, в том числе в труднодоступных районах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коликова Г. А., Баюнов В. В., Барсукова М. М., Юдилевич С. Р., Подалинский Ю. А. // Промышленная энергетика. 2002. Вып. 11. С. 18.
2. Jkkala O., Nieminen A. // J. Power Sources. 1990. Vol. 31, № 1–4. P. 321.
3. Барсукова М. М., Коликова Г. А. Портативные герметизированные свинцовые аккумуляторы и батареи // Электрохим. энергетика. 2010. Т. 10, № 2. С. 79.