

УДК 004.052.32

EDN [TAJPNN](#)



<https://www.doi.org/10.47813/mip.5.2023.9.94-101>

К вопросу выбора общей схемы источника бесперебойного питания при проектировании комплекса технических средств беззапросных измерительных систем

Р.Б. Ковалев

АО «Информационные спутниковые системы» имени академика
М.Ф. Решетнёва», г. Железногорск Красноярского края, Российская Федерация

E-mail: Kovalyovrb@iss-reshetnev.ru

Аннотация. В статье, исходя из концепции повышения надежности сформированного облика комплекса технических средств обеспечения функционирования беззапросной измерительной станции сети станций наземного комплекса управления, предлагается решение вопроса по выбору общей схемы источника бесперебойного питания в составе комплекса технических средств беззапросных измерительных систем. Система гарантированного электроснабжения предназначена для обеспечения в автоматическом режиме комплекса технических средств гарантированным и бесперебойным электропитанием в соответствии с заданными в техническом задании показателями надёжности, автономности и качества электроэнергии. Предложена процедура выбора составных элементов источника бесперебойного питания, рассмотрены основные этапы и состав средств защиты по сети электропитания. Представлена структурная схема защиты по сети электропитания. Отмечается, что конструктивно источник бесперебойного питания должен иметь возможность размещаться как в стационарном помещении, так и в блок контейнере.

Ключевые слова: источник бесперебойного питания, беззапросная измерительная система, комплекс технических средств, надежность, наземный комплекс управления.

On the issue of choosing the general scheme of an uninterruptible power supply when designing a complex of technical means of non-request measuring systems

R.B. Kovalev

JSC Information Satellite Systems Reshetnev, Zheleznogorsk, Krasnoyarsk Territory,
Russia

E-mail: Kovalyovrb@iss-reshetnev.ru

Abstract. In the article, based on the concept of increasing the reliability of the formed image of the complex of technical means for ensuring the operation of an unsolicited measuring station of the network of stations of the ground control complex, a solution is proposed for choosing the general scheme of an uninterruptible power supply as part of a complex of technical means of unsolicited measuring systems. The uninterrupted power supply system is designed to automatically provide a set of technical means for ensuring the operation of a non-demand measuring station with a guaranteed and uninterrupted power supply in accordance with the indicators of reliability, autonomy and quality of electricity specified in the terms of reference. A procedure for selecting the constituent elements of an uninterruptible power supply is proposed, the main stages and composition of the protection means for the power supply network are considered. A block diagram of protection over the power supply network is presented. It is noted that structurally, the uninterruptible power supply should be able to be placed both in a stationary room and in a block container.

Keywords: uninterruptible power supply, non-request measuring system, complex of technical means, reliability, ground control complex.

1. Введение

При создании беззапросных измерительных станций наземного базирования (БИС-Н) и формировании облика комплекса технических средств (КТС), обеспечивающих их надежное функционирование [1-5], важное значение имеет обоснованный выбор общей схемы источника бесперебойного питания (ИБЭП) в составе КТС БИС-Н. Отметим, что проблемы надежного проектирования КТС на сегодняшний момент недостаточно полно освещены в научной литературе [6-9]. Надежное и бесперебойное функционирование БИС-Н способствует повышению точностных характеристик командных систем и является перспективным направлением модернизации наземных комплексов управления (НКУ) навигационных космических аппаратов (НКА) [10-14].

2. Материалы и методы

Материал статьи базируется на ранее предложенной концепции повышения надежности сформированного облика комплекса технических средств обеспечения функционирования беззапросной измерительной станции сети станций наземного комплекса управления и структурной схемы КТС [15-18]. Исходя из этой схемы определяется назначение и характеристики составных частей КТС, а также варианты их конструктивного исполнения с учетом резервирования модулей. Система гарантированного электроснабжения предназначена для обеспечения в автоматическом режиме КТС ОФ ИС БИС-Н и ИС БИС-Н гарантированным и бесперебойным электропитанием в соответствии с заданными в техническом задании (ТЗ) показателями надёжности, автономности и качества электроэнергии.

Как следует из технических требований, схема ИБЭП должна содержать инвертор, накопительное устройство на литий-титанатной платформе (LTO), зарядное устройство и коммутирующую аппаратуру. ИБЭП должна иметь два входа и два выхода. Основой ИБЭП является инвертор А1 с нулевым временем переключения с сетевого питания на автономное. Питание на инвертор поступает от двух линий сетевого питания 220В, 50Гц. Автоматическое переключение на рабочую линию питания производится контактором АВР с возможностью ручной установки приоритета выбора основной линии питания. В качестве линии основного питания можно выбрать Вход 1 или Вход 2. При пропадании напряжения на основном входе питания, происходит автоматическое переключение на вход, который определен как резервный.

3. Результаты и обсуждение

Питание инвертора по шине постоянного тока ВАТ+ и ВАТ- производится от накопительного устройства В1 (СНЭ) на аккумуляторных батареях на литий-титанатной платформе (LTO). Аккумуляторная батарея накопительного устройства на литий-титанатной платформе (LTO) должна быть защищена от перегрузок и коротких замыканий плавким предохранителем. Выход высококачественного питания 220В, 50Гц от инвертора подается через защитные и коммутационные устройства на две линии питания нагрузки. Каждая линия защищена отдельным устройством защиты.

При возникновении нештатной ситуации на рабочей линии срабатывает защитное устройство только этой линии. При недостаточной селективности защиты выходных линий питания ИБЭП, может сработать встроенная защита инвертора. Для восстановления работоспособности системы гарантированного автономного электроснабжения, инвертор должен обеспечивать автоматический перезапуск при устранении нештатной ситуации на линии питания.

Выход снабжен ручным принудительным байпасом с ручным переключением, который позволяет производить работы по обслуживанию инвертора. Контактным байпасом и защитным устройством входных цепей инвертора (автоматическим выключателем с тепловым и мгновенным расцепителями) могут быть полностью обесточены цепи инвертора.

Кроме того, ИБЭП снабжен зарядным устройством А2, для поддержания заряда накопительного устройства на литий-титанатной платформе (LTO) во время работы ИБЭП от сети. Коммутационно-защитные элементы цепей зарядного устройства также позволяют производить работы с зарядным устройством и с накопительным устройством, не прерывая питание нагрузки.

Процедура выбора составных элементов ИБЭП включает следующие этапы:

1. Выбор инвертора. Основой для выбора инвертора являются технические требования к выходным параметрам и требования надежности.
2. Выбор аккумуляторных батарей системы накопления энергии. Основой для выбора аккумуляторных батарей накопительного устройства являются технические требования к обеспечению требуемой мощности в течении заданного времени с учетом коэффициента полезного действия аккумуляторов, преобразовательных и вспомогательных элементов.

3. Выбор общей емкости аккумуляторных батарей. Аккумуляторные батареи должны обеспечить автономную работу ИБЭП с выходной мощностью 6кВт в течение 1 часа.
4. Выбор зарядного устройства. Учитывая, что, исходя из предполагаемого режима работы, ИБЭП большую часть времени получает питание от сети переменного тока, к зарядному устройству не предъявляется требований по обеспечению быстрой зарядки аккумуляторных батарей. Наоборот, для обеспечения длительного срока службы литий-титанатных батарей (до 25 лет), следует выбрать зарядный ток на уровне $0.2 - 0.3C$. Таким образом, источник питания с выходным напряжением до 60В и током до 20А можно считать достаточным.
5. Защита по сети электропитания. Защита по сети электропитания предназначена для предотвращения утечки информации по цепям электропитания, а также защиты средства оргтехники от внешних помех. Защита по сети электропитания обеспечивает:
 - защиту от утечки информации по сетям электропитания, за счёт наводок на 2-х фазных 2-х проводных и 3-х фазных 4-х проводных линии электропитания, а также организацию ввода этих линий в экранированные сооружения;
 - защиту линий электропитания от промышленных помех;
 - защиту радио и электротехнических приборов от электромагнитных помех (побочных электромагнитных излучений и наводок (ПЭМИН)), распространяющихся по сетям электропитания;
 - защиту электрических систем питания от помех до допустимых величин.

Состав средств защиты по сети электропитания:

- фильтр помехоподавляющий «объектовый»;
- фильтр помехоподавляющий «локальной цепи»;
- экранированный кабель;
- технологическое заземление;
- заземляющие проводники

Структурная схема защиты по сети электропитания представлена на рисунке 1.

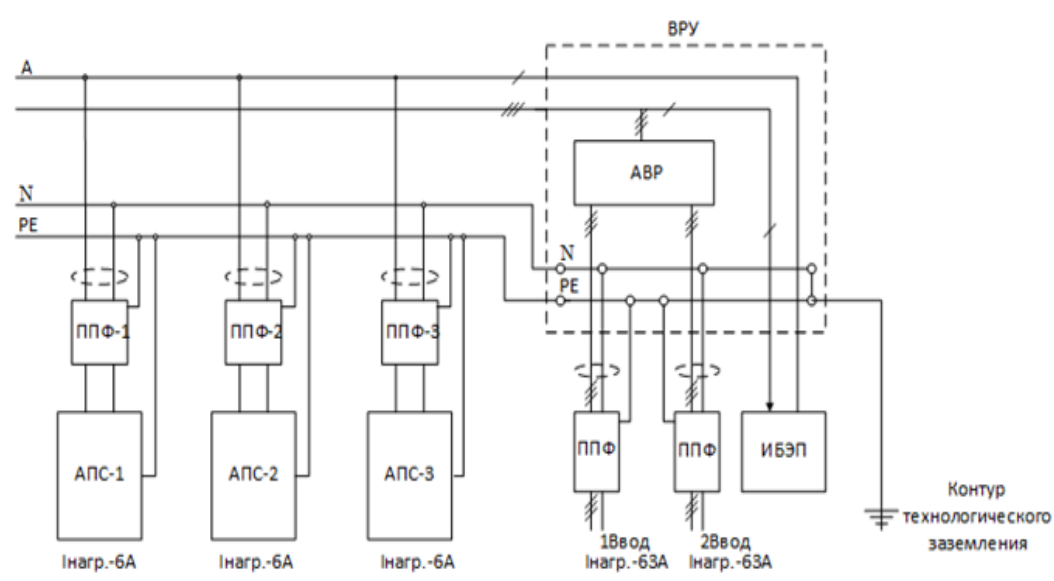


Рисунок 1. Структурная схема защиты по сети электропитания.

Конструктивно ИБЭП должен иметь возможность размещаться как в стационарном помещении, так и в блок контейнере.

3. Заключение

В заключении отметим, что выбор литий-титанатной платформы накопителя для достижения требуемых целей обусловлен следующими характеристиками:

- одиннадцатилетний срок гарантийной работы источников тока в сложных режимах (циклический, буферно-циклический, предельная минусовая температура);
- количество рабочих циклов заряд – разряд при 80% разряде от 16000-20000 (на весь срок службы системы в целом);
- полная необслуживаемость самих аккумуляторных ячеек и периодичность обслуживания СНЭ 1 раз в год;
- полное отсутствие газовыделения (герметичность, отсутствие специальных технических условий эксплуатации);
- безопасность, так как отсутствие углерода в качестве анода приводит к физической и химической невозможности выделения кислорода при нештатных ситуациях (полный разряд, критическое снижение температуры, механическое повреждение структуры самого аккумулятора, короткое замыкание внутри самого аккумулятора);

- возможность работы (заряда) при минусовых температурах, так как ни одна электрохимическая система тока не способна заряжаться при температурах ниже 40°C;
- высокая удельная энергоёмкость;
- низкое внутреннее сопротивление литий-титанатной ячейки – до 0,5 МОм и как следствие способность к продолжительному разряду высокими токами до 10С, продолжительный разряд – 2С (где С – ёмкость аккумулятора);
- низкий саморазряд – до 10% в год и менее, и как следствие, возможность арсенального хранения;
- полностью российская разработка, превосходящая лучшие западные аналоги.

Список литературы

1. Testoedov N.A. Space geodesy, communications, and navigation: history of the development, state, and prospects / N.A. Testoedov, S.N. Karutin // Herald of the Russian Academy of Sciences. – 2021. – Vol. 91(6). – P. 647-655.
2. Kovalev I.V. Aerospace engineering experience and on-board software projects of satellite navigation systems / I.V. Kovalev, N.A. Testoyedov, A.A. Koltashev, S.G. Efa // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – Vol. 1047. – P. 012067.
3. Chebotarev V.E. Solving navigation-temporal tasks in different coordinate systems / V.E. Chebotarev, V.V. Brezitskaya, I.V. Kovalev et al. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering: electronic edition. – 2018. – Vol. 450(2). – P. 022029. – EDN REXDWI. <https://www.doi.org/10.1088/1757-899X/450/2/022029>
4. Карцан И.Н. Построение наземных пунктов управления космическими аппаратами с использованием оптимизационно-имитационной модели / И.Н. Карцан // Современные инновации, системы и технологии. – 2021. – Т. 1. – № 2. – С. 64-71.
5. Kartsan I.N. Applying filtering for determining the angular orientation of spinning objects during interference / I.N. Kartsan, A.E. Goncharov, P.V. Zelenkov et al. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2016. – Vol. 155.– P. 012020. – EDN YVFSVF. <https://www.doi.org/10.1088/1757-899X/155/1/012020>
6. Kartsan I.N. Pseudolite systems for close-range navigation: The problem of synchronization / I.N. Kartsan, A.E. Goncharov, I.V. Kovalev et al. // IOP Conference

- Series: Materials Science and Engineering. – 2017. – Vol. 255. – P. 012011. – EDN XNRKBI. <https://www.doi.org/10.1088/1757-899X/255/1/012011>
7. Kovalev I.V. On the development of satellite geodetic networks using mobile monitoring and control stations / I.V. Kovalev, D.I. Kovalev, R.B. Kovalev, V.A. Podoplelova, D.A. Borovinsky, A.M. Popov // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. – 2022. – Vol. 1112. – P. 012156.
 8. Кузнецов П.А. К вопросу анализа эффективности систем с полным резервированием / П.А. Кузнецов // Вестник СибГАУ. – 2015. – Т. 16. – № 2. – С. 326-331.
 9. Kovalev I.V. Multi-attribute decomposition technique for fault tolerant multiversion systems / I.V. Kovalev, N.A. Testoyedov, D.I. Kovalev, V.V. Losev, M.V. Saramud, E.N. Golovenkin, I.A. Maksimov // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. – Vol. 1889. – P. 042082.
 10. Testoedov N.A. Mathematical analysis of spacecraft control cyclograms / N.A. Testoedov, V.E. Kosenko, E.N. Golovenkin et al. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 734. – P. 12034. – EDN POGHQH. <https://www.doi.org/10.1088/1757-899X/734/1/012034>
 11. Kovalev I. An approach to reducing the probabilities of dangerous failures in production control systems / I. Kovalev, D. Kovalev, N. Testoyedov et al. // AIP Conference Proceedings. – 2021. – Volume 2402(1). – P. 30044. – EDN IQJLAD. <https://www.doi.org/10.1063/5.0071400>
 12. Kovalev I.V. Technological aspects of the communication channels development for data transmission in the aircraft monitoring system / I.V. Kovalev, A.S. Andronov, N.A. Testoyedov et al. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2020. – Vol. 919. – P. 52020. – EDN GHPCCKB. <https://www.doi.org/10.1088/1757-899X/919/5/052020>
 13. Kulyagin V.A. N-version design of fault-tolerant control software for communications satellite system / V.A. Kulyagin, R.Y. Tsarev, A.V. Prokopenko et al. // International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2015 – Proceedings. – 2015. – P. 7147116. – EDN UZXORZ. <https://www.doi.org/10.1109/SIBCON.2015.7147116>
 14. Kovalev I.V. Model of the reliability analysis of the distributed computer systems with architecture "client-server" / I.V. Kovalev, P.V. Zelenkov, M.V. Karaseva et al. // IOP

- Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2015. – Vol. 70. – P. 012009. – EDN UEMVYN. <https://www.doi.org/10.1088/1757-899X/70/1/012009>
15. Kovalev I.V. On the development of satellite geodetic networks using mobile monitoring and control stations / I.V. Kovalev, D.I. Kovalev, R.B. Kovalev, V.A. Podoplelova, D.A. Borovinsky, A.M. Popov // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. – 2022. – 1112. – 012156. <https://www.doi.org/10.1088/1755-1315/1112/1/012156>
16. Ковалев Р.Б. К вопросу организации обмена информацией для устойчивости спутниковых геодезических сетей / Р.Б. Ковалев, Д.И. Ковалев, Т.П. Черкасова, В.А. Подоплелова // В сборнике: «Наука, технологии, общество: Экологический инжиниринг в интересах устойчивого развития территорий»: сб. науч. тр. / Красноярский краевой Дом науки и техники РосСНИО. – 2022. – Вып. 6. – С. 165-175.
17. Kovalev I.V. Space Technologies for the Sustainable Development of the Transport Infrastructure of the Arctic Territories / I.V. Kovalev, D.I. Kovalev, R.B. Kovalev, Yu.S. Beshimov, S.G. Efa // Transportation Research Procedia. – 2023. – Volume 68. – P. 796-801. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.02.111>
18. Попов А.М. (2023) Адаптивное матричное представление информации о параметрах для взаимодействующих автономных интеллектуальных систем / А.М. Попов, Р.Б. // Информатика. Экономика. Управление - Informatics. Economics. Management. – 2023. – 2(3). – 0112-0124. <https://doi.org/10.47813/2782-5280-2023-2-3-0112-0124>