

УДК 539.1.074:621.311.6

**АНАЛИЗ СТРУКТУР И СХЕМОТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ
ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ PWS-441P SUPERMICRO И NMP-650
MEAN WELL ДЛЯ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ДЕТЕКТОРОМ SPD ПРОЕКТА NICA**

С. Н. Кухаренко¹, Ю. В. Крышнев¹, В. В. Терещенко², А. Е. Запольский¹

¹*Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь*

²*Объединенный институт ядерных исследований,
г. Дубна, Российская Федерация*

Представлены результаты работы по анализу организации системы электропитания системы управления детектором SPD проекта NICA. Приведен анализ преобразователей PWS-441P от SUPERMICRO и NMP-650 от MEAN WELL и их сравнение с преобразователем VME-64 от CAEN.

Ключевые слова: система управления детектором, SPD, NICA, CAEN VME-64, SUPERMICRO PWS-441P, MEAN WELL NMP-650, система питания.

**ANALYSIS OF STRUCTURES AND CIRCUIT DESIGN SOLUTIONS
OF THE PWS-441P SUPERMICRO AND NMP-650 MEAN WELL
CONVERTERS FOR THE POWER SUPPLY OF THE NICA SPD
DETECTOR CONTROL SYSTEM**

S. M. Kukharenska¹, Y. V. Kryshneu¹, V. V. Tereshchenko², A. Y. Zapolski¹

¹*Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus*

²*Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russian Federation*

The results of work on the analysis of the organization of the power supply system of the SPD detector control system of the NICA project are presented. This paper presents an analysis of the PWS-441P converters from SUPERMICRO and NMP-650 from MEAN WELL and compares them with the VME-64 converter from CAEN.

Keywords: detector control system, SPD, NICA, CAEN VME-64, SUPERMICRO PWS-441P, MEAN WELL NMP-650, power supply system.

Подсистема электропитания для системы управления детектором SPD (Spin Physics Detector) ускорительного комплекса NICA (Nuclotron based Ion Collider Facility) имеет ряд специфических требований (поддержка большого количества средне-мощных каналов, высокие требования к электромагнитной совместимости, теплоотведение). Поэтому имеется необходимость реализации специализированного решения для электропитания детектора.

При разработке структурной схемы источника питания проведен анализ существующих технических решений, используемых в промышленных, медицинских и телекоммуникационных системах [1].

Преобразователь PWS-441P (рис. 1) отличается от преобразователя CAEN VME-64 тем, что гальваническая развязка с электросетью выполнена одним функциональным узлом со стабилизацией напряжения 12 В [2].

Для получения остальных выходных напряжений используются гальванически связанные стабилизаторы. Применение такого схемотехнического решения обеспечивает

технические и экономические преимущества перед другими системами электропитания. Использование одного высоковольтного преобразователя с высоковольтными полупроводниковыми и реактивными компонентами существенно повышает КПД, уменьшает габариты системы и уменьшает в несколько раз паразитную емкость между сетью и питаемой схемой, что очень существенно для обеспечения электромагнитной совместимости. Каналы стабилизаторов могут реализовать частоту модуляции в диапазоне 0,1–1 МГц, что существенно уменьшает объем и КПД системы.

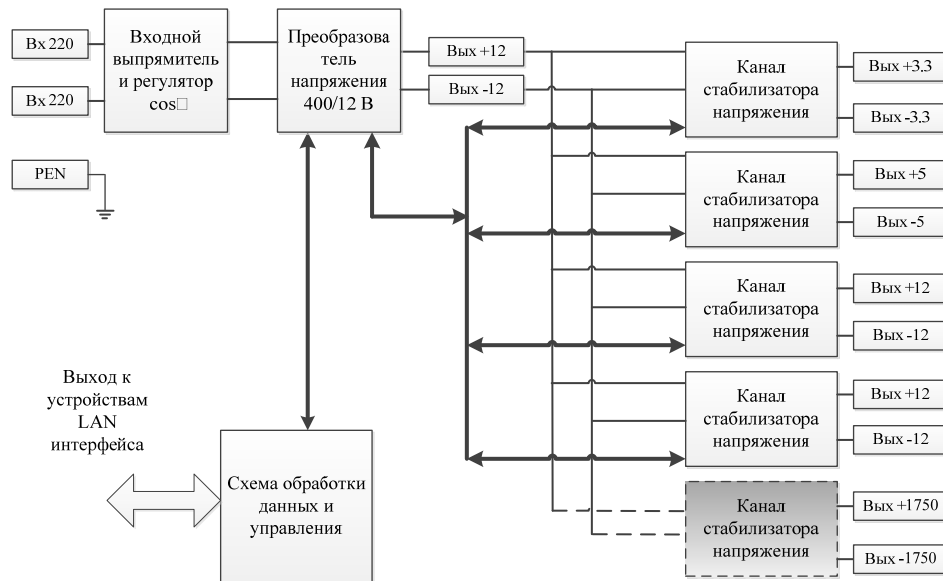


Рис. 1. Структурная схема преобразователя PWS-441P SUPERMICRO (канал, выделенный пунктирной линией, указывает на возможность наращивания дополнительных стабилизаторов)

Достигнутый уровень энергетической плотности рассматриваемого преобразователя SUPERMICRO PWS-441P составляет 500 Вт/дм^3 при непрерывной нагрузке 100%-й мощности.

Преимуществом структуры (рис. 1), является возможность синхронизации работы преобразователей и стабилизаторов напряжения. Синхронизация преобразователей позволяет снизить или избавиться от фликер-шума электромагнитной помехи. Это очень важно при питании чувствительных компонентов, так как при удовлетворительной работе одиночных преобразователей, электромагнитный шум не проявляется как помеха. Однако совместная работа нескольких преобразователей, включенных в систему, сопровождается периодическими сбоями, с которыми сложно синхронизироваться. Как следствие, сложно провести и исследование таких преобразователей.

Функциональная схема преобразователя стабилизатора, применяемого в SUPERMICRO PWS-441P [3], приведена на рис. 2. Преимуществом функционального решения преобразователя стабилизатора напряжения 400/12 В является организация системы подчиненного регулирования с внутренним контуром тока и датчиком тока ACS758KCB-150В. Внешний контур напряжения реализован на основе датчика напряжения в виде прецизионного делителя, что обеспечивает высокое быстродействие системы стабилизации напряжения с защитными функциями по току в виде токоограничения. Применение в схеме контроля и ограничения вставки по току де-

лает возможной реализацию селективной защиты не только преобразователя напряжения, но и подключаемых устройств. Быстродействие системы регулирования избавляет от необходимости применения большой буферной емкости выходного фильтра и проблем, связанных с ее перезарядом.

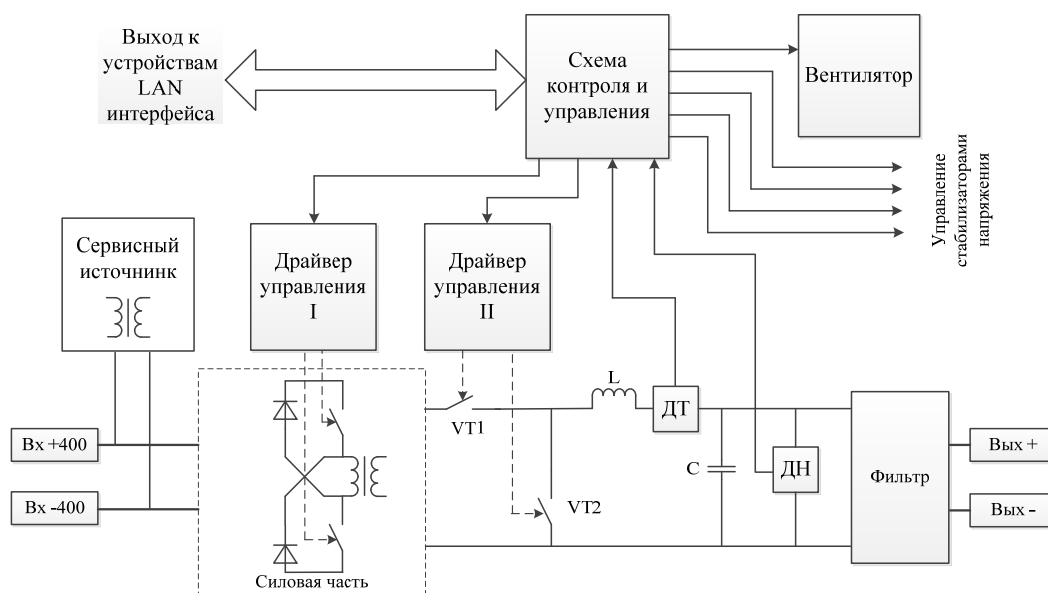


Рис. 2. Функциональная схема преобразователя стабилизатора напряжения 400/12 В: (ДТ и ДН – датчики тока и напряжения; L и C – реактивные элементы выходного фильтра; $VT1$ и $VT2$ – ключи активного выпрямителя с использованием полевых транзисторов)

Еще одним вариантом построения системы электропитания является применение независимых преобразователей на каждый номинал требуемого напряжения. Анализ проводился на примере преобразователей MEAN WELL [4].

Этот вариант обладает всеми возможными недостатками, описанными выше. В каждом канале выходного напряжения содержится высоковольтный преобразователь, выполненный с применением низкоэффективной элементной базы. Дополнительно, в плане электромагнитной совместимости, при таком решении возникает проблема подключения к общей шине фильтра электромагнитных помех. Клемма заземления FG подключена к корпусу устройства и имеет емкостную связь с фильтром кондуктивных помех. Ток кондуктивной помехи стекает по этому проводу и создает падение напряжения на нем. Таким образом, возникает проблема создания эквипотенциального подключения (между корпусами блоков питания возникает разность потенциалов с частотой помехи). Таким образом, между корпусами отдельных источников всегда будет присутствовать высокочастотное напряжение. Объединение общей шиной практически не улучшает ситуацию по причине наличия существенной индуктивной составляющей сопротивления этой шины [4].

Проведенный анализ преобразователей указывает на необходимость функционального совершенствования их отдельных узлов.

Л и т е р а т у р а

1. Technical Design Report of the Spin Physics Detector (For the SPD collaboration) / JOINT INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH. – February 6, 2024. – Version 2.00. – 349 p.

2. CAEN. Tools for Discovery. Nuclear. Products Catalog, 2007. – 114 p. (Application Note). Supermicro PWS-441P-1H, 2022. – 17 p. (Application Note).
3. MEAN WELL You Reliable Power Partner. Standard Switching Power Supply Manufacturer, 2023. – 100 p. (Application Note).

УДК 620.197.5

АНАЛІЗ НАРМАТЫЎНЫХ ПАТРАБАВАННЯЎ ДА АРГАНІЗАЦЫІ АКТЫЎНЫХ І ПАСІЎНЫХ СПАСАБАЎ АБАРОНЫ МАГІСТРАЛЬНЫХ ТРУБАПРАВОДАЎ

Ю. В. Крышнеў¹, А. Я. Запольскі¹, Бай Вэй Вэй², А. А. Шаўчэнка¹,
С. І. Моцар¹, К. А. Хадакоўскі¹

¹Установа адукацыі «Гомельскі дзяржаўны тэхнічны ўніверсітэт
імя П. В. Сухого», Рэспубліка Беларусь

²Універсітэт Кайлі, Кітайская Народная Рэспубліка

У дадзенай рабоце прааналізаваны нарматыўныя патрабаванні да абароны розных відаў магістральных трубаправодаў, разгледжаны спосабы пасіўнай і актыўнай абароны, крытэрыі электрахімічнай абароны, асноўныя тыпы сучасных прылад катоднай абароны.

Ключавыя словы: карозія, каразійнае паражэнне, металічныя канструкцыі, магістральныя трубаправоды, электрахімічная абарона, падземны трубаправод, падводны трубаправод.

ANALYSIS OF REGULATORY REQUIREMENTS FOR THE DESIGN OF ACTIVE AND PASSIVE PROTECTION METHODS OF MAIN PIPELINES

Y. V. Kryshneu¹, A. Y. Zapolski¹, Bai Wei Wei², A. A. Shauchenka¹, S. I. Motsar¹,
K. A. Hadakouski¹

Sukhoi State Technical University of Gomel, the Republic of Belarus

²*Kaili University, People's Republic of China*

This work analyzes regulatory requirements for the protection of various types of main pipelines, considers methods of passive and active protection, criteria for electrochemical protection, and the main types of modern cathodic protection devices.

Keywords: corrosion, corrosion damage, metal structures, main pipelines, electrochemical protection, underground pipeline, underwater pipeline.

Карозія – гэта фізіка-хімічны працэс, які прыводзіць да акіслення металу. Гэты працэс працякае як на паверхнасці, так і пад зямлей, і наносіць вялікую шкоду канструкцыям трубаправодаў. Страты ад карозіі значна большыя, чым ўсе астатнія страты, звязаныя з працаздольнасцю і абслугоўваннем трубаправодных сістэм [1].

Галоўная прычына ўзнікнення карозіі – тэрмадынамічная няўстойлівасць металаў, з-за чаго ў прыродзе яны заўсёды знаходзяцца ў акісленым стане. Па гэтай прычыне для абароны акісленую паверхнасць трэба палярызаваць (актыўная абарона) і/або ізаляваць (пасіўная абарона) ад кантакта з каразійна-актыўным асяроддем.

Для паспяховай абароны трэба ведаць: механізм працякання карозіі (хімічная або электрахімічная), умовы працякання і асаблівасці знешняга асяроддзя. У залежнасці ад характару разбурэння, карозія можа быць поўнай (усеагульнай),