

І.П. Жарков, О.М. Іващенко, В.В. Сафонов, А.Г. Солонецький

Інститут фізики НАН України, Київ

КОМПАКТНЕ ДЖЕРЕЛО ЖИВЛЕННЯ НАДПРОВІДНИХ СОЛЕНОЇДІВ



Створено компактне джерело живлення для автоматичного забезпечення живлення надпровідних соленоїдів і контролю їх режимів в криостатній установці, реалізації вимірювань необхідних параметрів робочого соленоїда, вимірювання контрольних параметрів і надання інформації в необхідному вигляді. Робота виконана в рамках Програми наукового приладобудування НАН України.

Ключові слова: джерело живлення, надпровідний соленоїд.

Надпровідні соленоїди (НПС) складають основу кріомагнітних систем, що використовуються в різних областях експериментальної фізики і дають можливість отримувати надсильні стаціонарні або квазістаціонарні магнітні поля порядку 10 Тл в об'ємі кількох десятків кубічних сантиметрів. Споживана потужність соленоїда практично близька до нуля, оскільки він знаходиться в надпровідному стані, що дає можливість створювати відносно компактні джерела живлення, споживана потужність яких не перевищує 1 кВт. Однак універсальні лабораторні джерела живлення, які випускаються промисловістю, не придатні для роботи з НПС, оскільки останні — це дуже специфічний тип навантаження з чисто індуктивним імпедансом, що вимагає спеціальної схемотехніки стабілізатора струму. Крім того, більшість стандартних блоків живлення не дають можливості отримувати великі струми (до сотні ампер), необхідні для живлення НПС, а забезпечувані ними точність стабілізації струму (порядку 0,1 %) недостатня для спектроскопічних

досліджень. Перед авторами була мета — створення компактного джерела живлення НПС зі споживаною потужністю не більше 1 кВт, повітряним охолодженням, аналоговим конвертором АС/DC на основі однофазного змінного струму, високою точністю стабілізації струму в соленоїді та можливістю роботи в режимі розгортки або стабілізації струму з керуванням від комп'ютера.

ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СТВОРЕНОГО ДЖЕРЕЛА ЖИВЛЕННЯ НАДПРОВІДНИХ СОЛЕНОЇДІВ

Створене джерело живлення (ДЖ) НПС є інтелектуальним мікропроцесорним приладом з можливістю автоматизованого управління процесом установки струму, вимірювання контрольних параметрів та індикації результатів вимірювання. Джерело живлення відповідає типовій моделі управління реального часу. Завдяки автоматичному контролю та управлінню струмом у соленоїді за допомогою мікроконтролера можна уникнути перевищення швидкості зміни струму, щоб запобігти зриву надпровідності.

Величина струму може задаватися або безпосередньо, або через однозначно відповідні йому величини магнітного поля.

Необхідна величина струму може встановлюватися в двох режимах:

- 1) «установка» — максимально швидке включення струму необхідної величини;
- 2) «сканування» — рівномірна зміна струму до досягнення необхідної величини.

У режимі «сканування» користувач може змінювати швидкість струму у допустимому діапазоні, щоб запобігти зриву надпровідності.

Джерело живлення дає можливість проводити вимірювання магнітного поля за допомогою датчика Холла, що розширює дослідницькі можливості приладу. Характеристика датчика Холла зберігається в незалежній пам'яті мікроконтролера і може бути змінена за допомогою спеціального комп'ютерного програмного забезпечення (ПЗ) — «ПЗ ДЖ». Управляти струмом в соленоїді можна від зовнішньої ЕОМ через вбудований

інтерфейс типу USB. Підключення до ЕОМ не змінює функціональних можливостей ДЖ порівняно з роботою в автономному режимі.

Структурна та функціональна схема розробленого ДЖ представлена на рис. 1. Принцип дії ДЖ полягає ось у чому.

Мікропроцесор забезпечує синхронну роботу всіх складових вузлів ДЖ. Тактова частота роботи мікропроцесора вибрана з урахуванням необхідної продуктивності і точної відповідності стандартній сітці частот асинхронного послідовного зв'язку. Цикл програмного алгоритму — 10 Гц. Алгоритм роботи мікропроцесора побудований таким чином, що безперервно очікується введення струму необхідної величини (I_{set}), який може бути заданий безпосередньо або через відповідну величину магнітного поля (B_{set}) соленоїда.

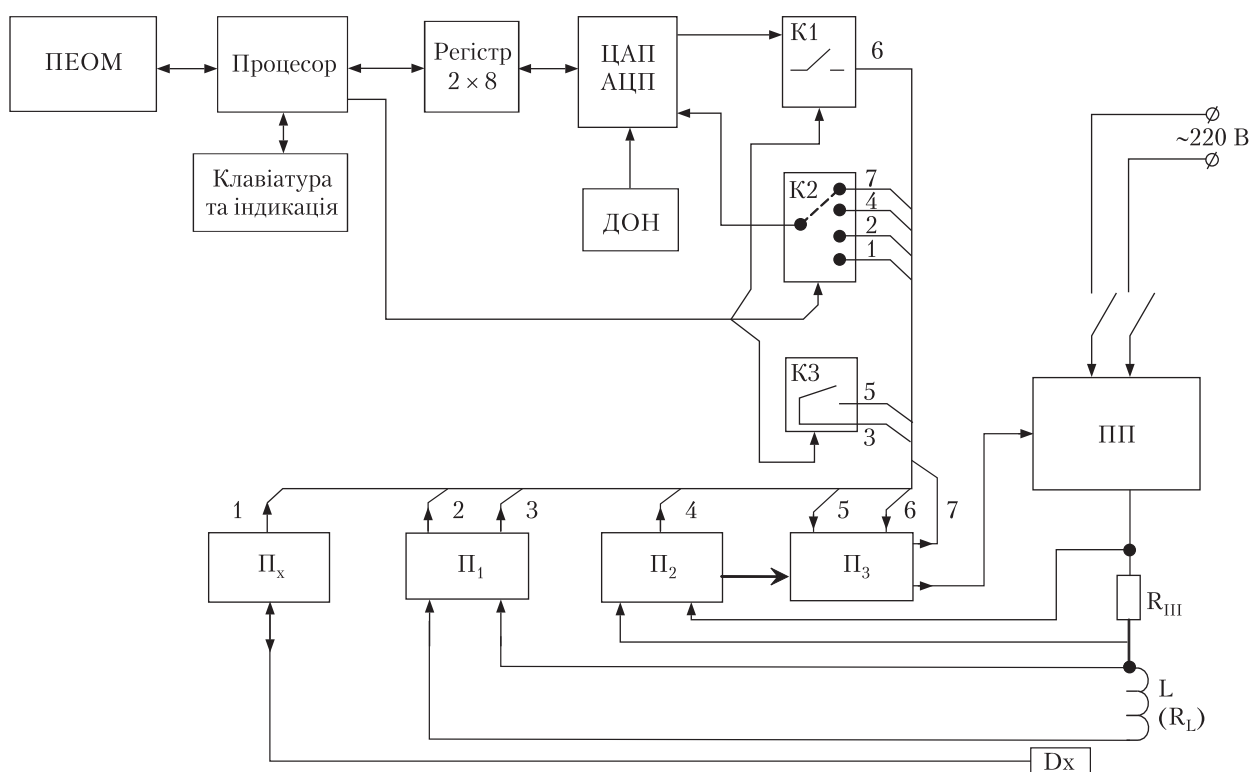


Рис. 1. Структурна і функціональна схема джерела живлення: ПЕОМ — персональний комп'ютер; ЦАП/АЦП — цифро-аналоговий/аналого-цифровий перетворювач; ДОН — джерело опорної напруги; K_1 ; K_2 ; K_3 — комутатори; ПП — підсилювач потужності; P_x , P_1 , P_2 , P_3 — підсилювачі; $R_{ш}$ — шунт; D_x — датчик Холла; L , R_L — індуктивність, опір котушки НПС.

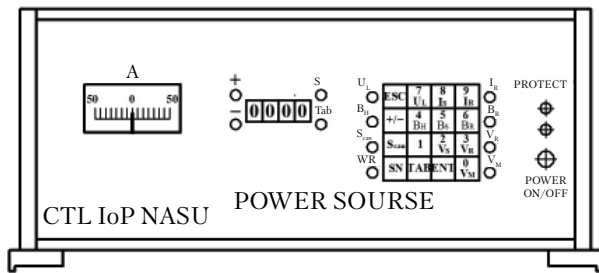


Рис. 2. Передня панель джерела живлення

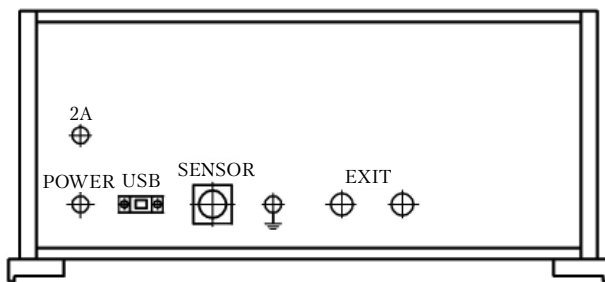


Рис. 3. Задня панель джерела живлення



Рис. 4. Зовнішній вигляд джерела живлення

Відразу після введення починається зміна струму в соленоїді, яка реалізується за допомогою задання коду цифро-аналогового перетворювача (ЦАП) і подачі аналогового сигналу від нього на вхід підсумовуючого підсилювача P_3 через ключ K_1 . Залежно від стану «set/scan» включення струму може проводитися в режимах: «установка» (світлодіод «set/scan» вимкнений) або «сканування» (світлодіод «set/scan» включений).

У режимі «установка» включення струму в соленоїді необхідної величини проводиться з максимально допустимою швидкістю, що не допускає зриву надпровідності. Максимальна швидкість зміни струму лінійно залежить від

його абсолютної величини і змінюється від 0,2 А/с (при $|I| \approx 0$) до 0,02 А/с (при $|I| \approx 40$ А).

У режимі «сканування» зміна струму в соленоїді проводиться рівномірно зі швидкістю V_{set} , яка задається користувачем. У разі введення швидкості, яка перевищує максимально допустиму для даного діапазону струмів, автоматично встановлюється допустима швидкість, що запобігає зриву надпровідності. У процесі роботи можна проводити вимірювання дійсного значення магнітного поля за допомогою датчика Холла і підсилювача P_x . Функція перетворення датчика записана в постійну перепрограмовану пам'ять мікропроцесора.

Введення інформації в мікропроцесор здійснюється за допомогою вбудованої клавіатури. Вивід інформації про роботу мікропроцесора і параметрів ДЖ і НПС проводиться за допомогою цифрових і світлодіодних сигнальних індикаторів. Можна здійснювати введення/виведення інформації за допомогою персонального комп'ютера.

Мікропроцесор реалізований на базі однокристальної ЕОМ фірми Atmel типу Atmega8515.

Цифро-аналоговий перетворювач виконаний на базі інтегральних мікросхем. Аналого-цифрове перетворення (АЦП) проводиться з використанням ЦАП методом порозрядного зважування. Управління АЦП проводиться програмно. Для зменшення впливу шумів та електромагнітних наведень кожне вимірювання проводиться 40 разів з подальшим усередненням, а запуск АЦП проводиться з частотою дискретизації, кратною 50 Гц.

На платі ЦАП/АЦП розміщено також джерело опорної напруги (ДОН) і генератор струму датчика Холла. Напруга, що знімається з шунта ($R_{ш}$) і посилюється підсилювачем P_2 , подається на підсилювач-суматор P_3 . На його вхід надходять також напруга з ЦАП і напруга з потенціальних виводів НПС, посилена підсилювачем P_1 . Підсилювач потужності ПП регулює струм через шунт і НПС. Комутатор K_2 дає можливість підключати до входу АЦП вихід будь-якого з підсилювачів (P_x, P_1, P_2, P_3) і одержувати інформа-

цію про всі параметри ДЖ. Комутатор K_3 блокує роботу ПП на декілька секунд при включенні ДЖ і захищає НПС від імпульсного струму.

Клавіатура ДЖ складається з 16-и клавіш і призначена для задання режимів роботи, введення величин змінних та управління індикацією. Значення, що встановлюються, реалізуються як через одиночні, так і через комбіновані натискання клавіш. Залежно від режиму роботи натискання клавіш може означати різні команди процесора.

ЦИФРОВА ІНДИКАЦІЯ

Чотирьохдекадний семисегментний індикатор призначений для візуалізації цифрової інформації та таких повідомлень:

«переповнення» — сигнал «8888»;

«запис констант в енергонезалежну пам'ять» — сигнал «EERt»;

«перевірка працездатності» — сигнал «8.8.8.8.»;

«помилка» — сигнал «EErr».

Необхідний параметр виводиться на індикатор у вигляді чотирьох десяткових розрядів з фіксованою комою. Для перегляду п'ятого розряду необхідно натискувати клавішу „Тав”. Набір світлодіодів індикації призначений для виведення повідомлень про поточний режим роботи ДЖ НПС.

Джерело живлення НПС було виготовлене в настільному виконанні. Креслення передньої панелі, де розміщені клавіатура, чотирьохдекадний семисегментний індикатор, світлодіоди сигнальної індикації, тумблер включення ДЖ, стрілочний прилад, світлодіоди індикації мережі, показано на рис. 2. Креслення задньої панелі ДЖ, де розташовані запобіжники, мережевий ввід, потенційний вхід, клемма заземлення, з'єднувач USB, струмові виходи, наведено на рис. 3. Фото і зовнішній вигляд ДЖ наведено на рис. 4.

РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ

Таким чином, пропонуване нами ДЖ призначене для автоматичного забезпечення жив-

лення НПС і контролю його режимів в криостатній установці та реалізації вимірювань необхідних параметрів робочого соленоїда, вимірювання контрольних параметрів і подання інформації в необхідному вигляді. Дане ДЖ може використовуватися в інших подібних установках з індуктивністю понад 1 Гн, обладнаних потенціальними виводами.

Технічні характеристики

Тип ДЖ НПС	з вбудованим мікропроцесором від -40 до +40
Вихідний струм, А	
Пульсації вихідного струму при індуктивності НПС понад 1 Гн, не більш, відн. од.	10^{-6}
Відносна нестабільність струму, не більше, відн.од./год.	10^{-3}
Роздільна здатність відображення значення струму, А	0,001
Роздільна здатність відображення значення магнітного поля, Тл	0,0001
Відображення інформації.	4-х значне цифрове табло
Спосіб задання струму або магнітного поля	числовим набором за допомогою клавіатури або ЕОМ
Дискретність завдання струму, А.	0,001
Тип вбудованого інтерфейсу	USB
Діапазон швидкості зміни струму, А/сек	0,2 / 0,02
Мінімальний часовий інтервал зміни струму, сек.	0,1
Енергоживлення датчика Холла	генератор постійного струму відповідно до паспортних даних від мережі однофазного змінного струму з напругою 220 В \pm 10 %, з частотою 50 \pm 1 Гц
Потужність, споживана від мережі, не більш, ВА	250
Охолодження	повітряне, примусове
Габарити блоку, мм	480 \times 450 \times 200
Маса джерела, кг	8
Умови експлуатації:	
температура навколишнього повітря, °С	20 \pm 10
відносна вологість, %	30–80
атмосферний тиск, мм. рт. ст.	720–760
Опір ізоляції мережі живлення між входом мережевого кабелю і корпусом приладу, не менше, МОм.	20

*И.П. Жарков, А.Н. Иващенко,
В.В. Сафронов, А.И. Солонецкий*

**КОМПАКТНЫЙ ИСТОЧНИК ПИТАНИЯ
СВЕРХПРОВОДЯЩИХ СОЛЕНОИДОВ**

Создан компактный источник питания для автоматического обеспечения питания сверхпроводных соленоидов и контроля его режимов в криостатной установке, реализации измерений необходимых параметров рабочего соленоида, измерения контрольных параметров и представления информации в необходимом виде. Работа выполнена в рамках Программы научного приборостроения НАН Украины.

Ключевые слова: источник питания, сверхпроводящий соленоид.

*I.P. Zharkov, O.M. Ivashchenko,
V.V. Safronov, A.I. Solonetsky*

**THE COMPACT POWER SUPPLY
OF SUPERCONDUCTING SOLENOIDS**

The compact source of power for automatic supply of SCS and monitoring of its modes in cryostat setup, realization of measurements of necessary parameters of the working solenoid, measurement of control parameters and information representation in a necessary aspect is created. The work is carried out within the Program of Scientific Equipment Engineering of NAS of Ukraine.

Key words: power supply, superconducting solenoid.

Надійшла до редакції 05.07.10

**ДЕРЖІНВЕСТИЦІЙ
ОГОЛОСИЛО КОНКУРСНИЙ
ВІДБІР ІННОВАЦІЙНИХ
ТА ІНВЕСТИЦІЙНИХ ПРОЕКТІВ
ДЛЯ ЇХ ДЕРЖАВНОЇ
ПІДТРИМКИ ЗА РАХУНОК
КОШТІВ СТАБІЛІЗАЦІЙНОГО
ФОНДУ**

7 вересня 2010 року Державне агентство України з інвестицій та розвитку розпочало прийом документів для участі у конкурсному відборі інноваційних та інвестиційних проектів у реальному секторі економіки для їх державної підтримки у 2010 році за рахунок коштів Стабілізаційного фонду.



Конкурс проводиться відповідно до Порядку конкурсного відбору інноваційних та інвестиційних проектів у реальному секторі економіки для їх державної підтримки у 2010 році за рахунок коштів Стабілізаційного фонду, затвердженого наказом Держінвестицій від 10.08.2010 № 39.



Учасниками Конкурсу для отримання компенсації сум відсоткових ставок за користування кредитами можуть бути суб'єкти господарювання, які залучили кредити у національній валюті України та/або в іноземній валюті, у тому числі від іноземних фінансових установ, для реалізації інноваційних та інвестиційних проектів у реальному секторі економіки та сплатили суми відсоткових ставок за користування цими кредитами.



Прийом та реєстрація пакету документів для участі проектів у конкурсному відборі проводиться Держінвестицій за адресою 01025, м. Київ, вул. Велика Житомирська, 11 і триватиме до 15 грудня 2010 року.