

Стабілізоване джерело живлення для електронних систем контролю та управління

В.Ф. Рой

Факультет електропостачання і освітлення міст
ХНУМГ імені О.М. Бекетова
Харків, Україна

В. Грініна

Факультет електропостачання і освітлення міст
ХНУМГ імені О.М. Бекетова
Харків, Україна
viktoriagrini@gmail.com

Анотація – На сьогоднішній день в електроенергетиці України існують і експлуатуються декілька сотень районів електричних мереж, що використовують і обслуговують розподільні мережі напругою 0,38÷110 кВ. З метою підвищення надійності та ефективності їх роботи, економічності та якості електропостачання споживачів, в останні роки час відбувається інтенсивне впровадження систем телемеханіки та обчислювальної техніки з метою створення інтегрованих автоматизованих систем контролю та управління на всіх ієрархічних рівнях побудови цих систем. Основною метою телемеханізації електричних комплексів є забезпечення можливості дистанційного вимірювання робочих параметрів електрообладнання та дистанційного управління режимами їх роботи. Данні про режими роботи обладнання повинні передаватися на диспетчерський пункт за допомогою дискретних телесигналів або аналогових сигналів, які відображають значення напруги, струмів та потужності на шинах підстанцій. Прилади збору та передачі сигналів на диспетчерський пункт а також передачі команд управління режимами роботи обладнання повинні відповідати високим вимогам надійності, безвідмовності, строку експлуатації, кібербезпеки та електромагнітної сумісності. Важливим напрямком розвитку автоматизованих систем є інтеграція автоматизованого контролю та управління окремими структурними підрозділами районних електричних мереж в єдину інтегровану систему. Ця проблема може бути успішно вирішена лише шляхом використання стандартизованих рішень з інформаційного, технічного та програмного забезпечення автоматизованої системи диспетчерського управління підприємств електричних мереж. Основними напрямками реалізації цих завдань є побудова та раціональне використання ієрархічної системи моделей планування, ремонту та експлуатації електричних мереж та оперативне управління їх режимами, підвищення ефективності оперативно-диспетчерського управління розподільними електричними мережами, автоматизації збору, обробки та чіткого відображення отриманої інформації щодо режимів роботи обладнання. Ці науково-технічні вимоги, що стосуються проблем створення багаторівневих сучасних автоматизованих систем управління підприємствами електроенергетики ґрунтуються на основі галузевих методик та матеріалів, державних стандартів, враховуючі сучасні досягнення вітчизняної та зарубіжної науки і техніки в галузі електроенергетики. Реалізація цього напрямку дасть змогу забезпечити розвиток і впровадження нової техніки, оптимізації технологічних процесів і режимів роботи електроенергетичного обладнання і електричних

мереж, раціонального використання матеріалів і підвищення ефективності виробничо-господарської діяльності. Важливим фактором щодо забезпечення вищезазначених вимог надійності, безвідмовності та електромагнітної сумісності усіх автоматизованих систем контролю та управління, безумовної сумісності їх з живильною мережею, є використання високоякісних ефективних джерел живлення численних електронних приладів автоматизованої системи.

Запропоновано універсальне джерело живлення з корекцією коефіцієнта потужності, яке придатне в якості ефективного вторинного джерела живлення електронних систем різноманітного призначення стабілізованою напругою різної величини і знаку, що забезпечує високу надійність та якість їх роботи, а також електромагнітну сумісність з живильною мережею. Це досягається застосуванням в схемі джерела живлення активного коректора коефіцієнта потужності, який, на відміну від «пасивних» коректорів, що масово використовуються в недорогих джерелах живлення електронної апаратури і засновані на компенсації зсуву фаз між струмом і напругою живлячої мережі ємнісними і індуктивними елементами, - є набагато ефективнішими і забезпечує високе – до 0,98 значення коефіцієнта потужності а також високу якість та ефективне використання електричної енергії. Стабілізація вихідних напруг джерела живлення здійснюється за рахунок порівняння сигналу з датчика вихідної напруги із сигналом датчика опорної напруги і, після підсилювача сигналу розбалансу, регулює момент ввімкнення або вимкнення електронних ключів мостової схеми інвертора до моменту досягнення напругою навантаження номінальної величини.

За рахунок застосування в схемі джерела мостової інвертора і вихідного трансформатора досягається збільшення ефективної потужності джерела живлення майже удвічі порівняно з аналогами а також можливість отримати вихідні напруги різної величини і знаку. В приладі відсутній гальванічний зв'язок вихідних робочих напруг з мережею живлення гарантує повну безпеку персоналу при експлуатації даного пристрою а також забезпечує електромагнітну сумісність з живильною мережею.

Ключові слова - стабілізоване джерело, коректор коефіцієнта потужності, мостова схема інвертора, датчик вихідної напруги, гальванічний зв'язок, електромагнітна сумісність, мікропроцесорні системи контролю та управління, енергоекономічність.

I. ВСТУП

Сучасні електроенергетичні комплекси містять велику кількість різноманітних електронних систем керування технологічними процесами, контролю режимів роботи та захисту від впливу зовнішніх негативних факторів. Безперерйну та якісну роботу таких систем повинні забезпечувати високоякісні енергоекономічні системи живлення та їх електромагнітна сумісність з енергетичним обладнанням. Ефективним засобом підвищення якості електроенергії споживаною різноманітною електронною апаратурою, що використовується в системах енергозабезпечення, є використання стабілізованих джерел живлення з використанням коректорів коефіцієнта потужності. Широкого застосування набули відносно недорогі джерела живлення з так званими «пасивними» коректорами коефіцієнта потужності електричної енергії [1,2,3] які засновані на компенсації зсуву фаз між струмом та напругою живлячої мережі шляхом ввімкненням спеціальних емнісних та індуктивних елементів. Це дозволяє покращити ефективність використання електричної енергії електричними апаратами за рахунок деякого збільшення коефіцієнта потужності. Але в цілому, такі джерела з пасивними коректорами коефіцієнта потужності мають невелику ефективність, тому їх застосовують лише в пристроях з переважно індуктивною складовою навантаження: електричних машинах, індуктивних баластах розрядних лампах освітлювальних установок та ін., оскільки їх ефективність при інших типах навантаження досить мала.

II. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ

В останній час набувають широкого застосування пристрої живлення з електронними коректорами коефіцієнту потужності електричної енергії [4,5,6]. Такі пристрої зазвичай містять діодний міст, до якого приєднані датчик вихідної напруги мережі моста напруга з якого подається до входу підсилювача сигналу розбалансу. Схема містить також датчик струму приєднаний до іншого входу діодного мосту через електронний ключ. До другого входу підсилювача сигналу розбалансу приєднаний датчик опорної напруги, один з входів якого приєднаний до датчика вихідної напруги мосту. Як свідчить досвід експлуатації такої схеми приладу з коректором коефіцієнта потужності електричної енергії в системах живлення електронної апаратури, суттєвим недоліком такого пристрою є недостатня вихідна потужність, висока одно полярна вихідна напруга та наявність безпосереднього гальванічного зв'язку вихідної стабілізованої напруги з мережею живлення, що є вкрай небезпечним для користувачів.

III. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Задачею даної розробки було удосконалення схеми стабілізованого джерела живлення з електронним коректором коефіцієнта потужності електричної енергії з метою покращення його енергоекономічних показників, збільшення вихідної потужності та позбавлення гальванічного зв'язку з мережею живлення. Це було досягнуто за рахунок введення в

існуючу схему декілька функціональних елементів: мостового інвертора, вихідного трансформатора та стартового генератора і двох схем спів падіння. І [с дало змогу майже удвічі підвищити ефективну потужності джерела порівняно з базовими зразками. Крім того додатково стало можливим отримати одночасно декілька стабілізованих напруг різної величини і полярності, а також повністю виключити гальванічний зв'язок вихідної робочої напруги з напругою мережі живлення.

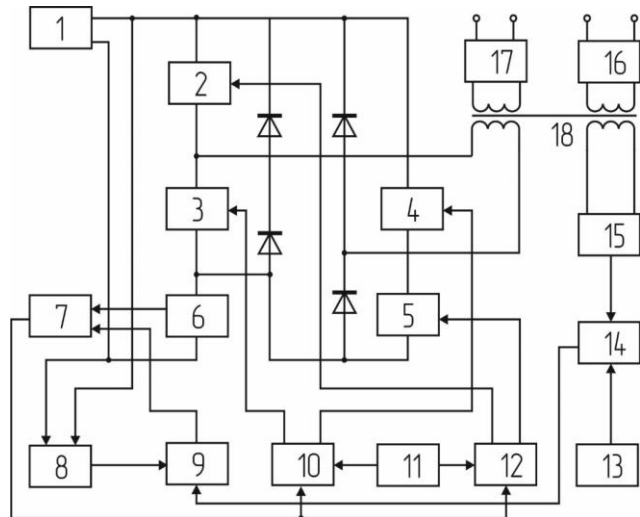


Fig. 1. Блок-схема стабілізованого джерела живлення.

Схема запропонованого пристрою з електронним коректором коефіцієнта потужності (рис. 1) додатково містить діодний міст 1, до якого приєднані датчик вихідної напруги мережі моста та мостовий інвертор, що складається з чотирьох електронних ключів 2,3,4,5 з захисними діодами. До виходу інвертора приєднано датчик струму 6, з'єднаний з входом схеми порівняння по струму 7, з виходів якої сигнал подається на дві схеми співпадіння 10 і 12. Датчик вихідної напруги джерела живлення 15 приєднаний до входу підсилювача сигналу розбалансу 14, до другого входу якого приєднаний датчик опорної напруги 13. Вихід підсилювача сигналу розбалансу 14 з'єднано з множителем напруги 9, вихід якого з'єднано з схемою порівняння по струму 7. Первинна обмотка вихідного трансформатора 18 підключена до діагоналей мостового інвертора. З виходів кіп-реле 11 сигнал подається до входів двох схем співпадіння 10 та 12. Виходи схем співпадіння приєднані до входів електронних ключів мостового інвертора 2,3,4,5. Двополярні випрямлячі схеми 16...17, приєднані до вторинних обмоток трансформатора 1 8, до виходів яких приєднуються навантаження.

За рахунок застосування мостової схеми інвертора, вихідного трансформатора, кіп-реле та двох схем порівняння досягається збільшення ефективної потужності джерела живлення майже у двічі, причому в схемі відсутній гальванічний зв'язок вихідних напруг з живлячою мережею. Пристрій дозволяє отримувати декілька стабілізованих вихідних напруг різної величини і полярності та забезпечувати електромагнітну сумісність з живлячою мережею.

На рисунку наведена принципова функціональна запропонованого пристрою. Робота пристрою відбувається наступним чином. При ввімкненні напруги мережі випрямлена напруга з виходу діодного моста 1 подається на діагональ мостової схеми інвертора і при одночасній подачі керуючих сигналів до входу електронних ключів 2-5 або 3-4 (по черзі) на датчику струму 6 з'являється сигнал, пропорційний $U(t) \cdot e^{-\frac{t}{Rt}}$, де $U(t)$ - вихідна напруга діодного мосту, L - індуктивність первинної обмотки вихідного трансформатора, R — еквівалентний опір навантаження.

Після досягнення амплітудою сигналу з датчика струму 6 рівня, що задається датчиком вихідної напруги 15 (з корекцією її блоком множника напруги 9 та підсилювача сигналів розбалансу 14) вимикається електронний ключ 5 і одночасно на виході інвертора з'являється сигнал запуску електронного ключа 6. Але запуск цього ключа відтермінується на деякий час Δt за рахунок роботи кіп-реле 11 та схеми співпадіння 12. Аналогічно після досягнення амплітудою сигналу з датчика струму 6 нового рівня вихідної напруги з блоку 15 з'являється сигнал запуску на схемі порівняння по струму 7, але запуск електронного ключа 5 також відбувається з запізненням на деякий час Δt за рахунок кіп-реле 11 та схеми співпадіння 10.

Після досягнення амплітудою сигналу з датчика струму 6 рівня, який виробляється в блоку порівняння по струму 7, який пропорційний $U(t)$, відбувається відключення однієї пари електронних ключів мостового інвертора до моменту включення іншої пари електронних ключів.

При цьому напруга на первинній обмотці трансформатора являє собою прямокутні імпульси із сквапністю, яка залежить від фази мережевої напруги напругою $2U(t)$, або «0», в залежності від того, ввімкнені або вимкнені електронні ключі інвертора. В моменти відключення електронних ключів 2÷5 або 3÷4 надлишок електричної енергії повертається до живильної мережі через зворотні діоди. Кожна пара електронних ключів 2÷5 перемикається з періодом T , що значно менше за період мережевої напруги. При цьому періодом Γ , що значно менше за період мережевої напруги. При цьому середня складова живильного струму близька по формі до мережевої напруги (синусоїди), чим забезпечується високе значення коефіцієнта потужності.

Стабілізація вихідної напруги коректора коефіцієнта потужності здійснюється за рахунок порівняння сигналу з датчика вихідної напруги

джерела 15 із сигналом датчика опорної напруги 13, різниця яких з виходу підсилювача сигналу розбалансу 14 через множник напруги 9 регулює момент ввімкнення та вимкнення електронних ключів 2÷5 мостової схеми інвертора до досягнення напругою навантаження номінальної величини. Потрібний рівень фільтрації вихідних напруг на виході двохполярних випрямлячів вихідної напруги 16÷17 забезпечується відповідною величиною ємностей фільтра.

IV. ВИСНОВКИ

Таким чином розроблений пристрій може використовуватись в якості ефективного вторинного джерела живлення електронної апаратури різноманітного призначення стабілізованою напругою різної величини і полярності, що забезпечує високе (до 0,98) значення коефіцієнта потужності а також високу якість та ефективність використання електричної енергії, електромагнітну сумісність споживачів з живлячою мережею, підвищення удвічі, потужності даного пристрою в порівнянні з існуючими зразками, а також повну відсутність гальванічного зв'язку вихідних робочих напруг з мережею живлення, що гарантує безпеку споживачів при експлуатації пристрою. Технічним результатом є підвищення коефіцієнту потужності джерела, можливість отримання декількох стабілізованих напруг різної величин і полярності та електромагнітна сумісність з мережею живлення.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] А. с. СССР №1721753. H02M 3/335. Бюл. №11. 1992 г.
- [2] Коректор коефіцієнта потужності. Патент України № 98721 від 12.05.2015. Бюл. №9.
- [3] Стабілізоване джерело напруги. Патент України № 98834 від 12.05.2015 Бюл. №9.
- [4] Семенов Б.Ю. Силовая электроника. - \1: Энергия. 2002.- 210 с.
- [5] Борисов В.П. и др. Стабилизатор напряжения с переключающими регулируемым элементами /В.И.Борисов. Б.Н.Иванчук И.И.Колосков. - М.-Энергоатомиздат.-1986.-81 с.
- [6] Здорок Д.Г. Выпрямительные устройства стабилизированного напряжения. М.- Энергоатомиздат.- 1988.-142 с.
- [7] Маловзоров В.П. и др. /Дискретные стабилизаторы и формирователи напряжения /В.П.Маловзоров. А.К.Мусомиц. - М - Энергоатомиздат.- 1996.- 246 с.
- [8] Поскребка А.А. Бесконтактные коммутационные и регулирующие полупроводниковые устройства.//VI.— Энергия,-1989.- 362 с.

Stable power supply for electronic control and control systems

V. Roy

Faculty of power supply and lighting of cities,
O.M. Beketov National University of Urban
Economy in Kharkiv

V. Grinina

Faculty of power supply and lighting of cities
O.M. Beketov National University of Urban
Economy in Kharkiv
viktoriagrinnina@gmail.com

To date, several hundred districts of electric grids exist in Ukraine and operate and use 0.38 ÷ 110 kV distribution networks. In order to increase the reliability and efficiency of their operation, economy and quality of power supply to consumers, in recent years intensive introduction of telemechanics and computer systems has been underway to create integrated automated control and control systems at all hierarchical levels of construction of these systems. The main purpose of telemechanization of electrical complexes is to provide the possibility of remote measurement of operating parameters of electrical equipment and remote control of the modes of their operation. Equipment operating data shall be transmitted to the control station by means of discrete television signals or analog signals indicating the values of voltage, current and power at the substation buses. Devices for collecting and transmitting signals to the control station, as well as transmitting commands for operating modes of equipment, must meet the high requirements of reliability, reliability, service life, cybersecurity and electromagnetic compatibility. An important area of development of automated systems is the integration of automated control and management of individual structural units of district electrical networks into a single integrated system. This problem can be successfully solved only through the use of standardized solutions for the information, technical and software automated control system of the enterprises of the electrical networks. The main directions of realization of these tasks are construction and rational use of the hierarchical system of models of planning, repair and operation of electric networks and operations - out-of-control of their modes, increase of efficiency of operative-dispatching control of distribution electric networks, automation of collecting, processing and clear display of the received information. re-modes of equipment operation. These scientific and technical requirements concerning the problems of creation of multilevel modern automated control systems of the enterprises of the electric power industry are based on the branch-methods and materials, the state standards, taking into account the modern achievements of the national and foreign science and technology in the field of the power industry. Realization of this direction will allow to provide development and introduction of new equipment, optimization of technological processes and modes of operation of electric power equipment and electric networks, rational use of materials and increase of efficiency of production and economic activity. An important factor in ensuring the above requirements of reliability, reliability and electromagnetic compatibility of all automated control and control systems, unconditional compatibility with the supply network, is the use of high-quality efficient power sources for numerous electronic devices of the automated system.

A universal power supply with power factor correction is proposed, which is suitable as an effective secondary power source for electronic systems of various purposes with stabilized voltage of different magnitude and sign, which provides high reliability and quality of their work, as well as electromagnetic compatibility with the power network. This is achieved by the application of the power factor corrector in the power source circuit, which, unlike the "passive" correctors, is widely used in low-cost power sources of electronic equipment and is based on phase offset compensation between current and voltage of the capacitive and inductive network. The elements are much more efficient and provide high power factor values of up to 0.98, as well as high quality and efficient use of electricity. Output voltage stabilization of the power source is made by comparing the signal from the output-to-elastic sensor with the signal of the reference voltage sensor and, after amplifying the unbalance signal, regulates the moment of switching on or off the electronic keys of the inverter bridge circuit until the voltage is reached. the value of nominal value.

Due to the use in the circuit of the bridge inverter and output transformer, the increase of the effective power of the power supply is almost doubled in comparison with analogues, as well as the possibility to obtain output voltages of different magnitude and sign. There is no galvanic connection of the output operating voltages to the power supply, which guarantees complete safety of personnel while operating this unit and also provides electromagnetic compatibility with the power supply network.

Keywords - stabilized source, power factor corrector, inverter bridge circuit, output voltage sensor, galvanic coupling, electromagnetic compatibility, microprocessor control and control systems, energy efficiency.