

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський державний політехнічний коледж

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для вивчення теми «Джерела безперебійного живлення»

з дисципліни «Електропостачання систем СЦБ»

для студентів денної форми навчання

зі спеціальності: 5.273 «Залізничний транспорт»

Харків, 2018

Методичні вказівки прорецензовані викладачами: викладачем-методистом Руденко А.І., розглянуті цикловою комісією „Транспорту та електрозв’язку” та рекомендовані для використання при виконанні курсових та дипломних проектів.

Автор — Охріменко О.В., викладач другої категорії Харківського державного політехнічного коледжу.

Методичні вказівки затверджені на засіданні циклової комісії
зі спеціальності: 5.273 «Залізничний транспорт»

Протокол від _____ 2018р. № _____

Голова циклової комісії _____ А.І. Руденко

“ _____ ” _____ 2018 року

ЗМІСТ

	стор.
1. Призначення і основні параметри ДБЖ.....	4
2. Принципи побудови UPS.....	7
3. Функціональні вузли ДБЖ.....	12
4. Енергетичні та тимчасові характеристики ДБЖ і навантаження.....	18
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	22

1. Призначення і основні параметри ДБЖ

Широке впровадження інформаційних технологій на залізничному транспорті призвело до масового застосування засобів обчислювальної техніки. Якщо раніше комп'ютерні системи використовувалися лише як довідково-інформаційні, то за останній час вони стали застосовуватися в якості інформаційно-керуючих систем для управління перевізним процесом. Важливу роль в забезпеченні працездатності засобів обчислювальної техніки грає електроживлення, так як відключення пристроїв живлення, навіть короточасні, можуть привести до повної або часткової втрати важливої інформації [1].

Одним з основних засобів підвищення надійності роботи інформаційних систем є використання джерел безперебійного електроживлення (ДБЖ), із зарубіжної термінології, Uninterruptible Power Supply (UPS).

Функціональним призначенням ДБЖ є забезпечення обчислювальної апаратури змінним напругою, яке повинно задовольняти заданим нормам при всіх можливих експлуатаційних змінах напруги первинних мереж.

ДБЖ характеризуються рядом основних вхідних і вихідних параметрів.

Вхідні параметри. Основний вхідний параметр - це первинна змінна напруга мережі E_c . Для серійно випускаються ДБЖ діапазон допустимих значень первинної напруги E_c лежить в межах від нуля до 280 В (для номінального значення 220 В). У цьому діапазоні забезпечуються нормовані показники якості вихідної напруги ДБЖ (напруга навантаження U_n). Існує два режими роботи ДБЖ. У першому з них (переважно) функціонування ДБЖ здійснюється від первинного джерела E_c другий режим (автономний) характеризується відключенням безперервного живлення від джерела E_c і переходом на електроживлення від внутрішніх акумуляторів. Перехід з основного режиму в автономний, і навпаки, проводиться за допомогою контролерів, які здійснюють моніторинг зовнішніх і внутрішніх параметрів ДБЖ і виконують відповідні перемикання.

У реальних умовах експлуатації вхідним для ДБЖ є напруга промислових, спеціалізованих або побутових мереж $E_c = 220$ або 380 В частотою $f_c = 50$ Гц.

На залізничному транспорті якість напруги E_c забезпечується відповідними підрозділами служб електропостачання. Аналіз матеріалів обстеження пристроїв електроживлення СЦБ і зв'язку ряду залізниць показав, що можливі експлуатаційні зміни напруги E_c знаходяться в межах від $E_{c\text{ хв}} = 160$ до $E_{c\text{ макс}} = 260$ В. Причому це відноситься до статичних, т. б. «повільних» змін напруги. Імпульсні відхилення напруги можуть бути значно більше. Наприклад, в експлуатації можливе зниження напруги E_c до нуля тривалістю в частки, одиниці секунд, а аварійних випадках набагато більше. Існують короточасні імпульсні і високочастотні перешкоди значною амплітуди, діапазон яких нормується низкою вітчизняних і міжнародних стандартів. Цей рід перешкод є типовим і найбільш значущим для забезпечення стійкої роботи апаратури СЦБ і зв'язку. В першу чергу це обумовлено тим, що канали передачі інформації на залізничному транспорті надзвичайно рознесені в просторі, довжини ліній зв'язку лежать в межах від десятків метрів до десятків кілометрів і більше. Це визначає їх сприйнятливість до заважає сигналам, що виникають від таких потужних генераторів перешкоди, як грозові розряди, комутації струмів рухомого складу, випрямлячі тягових підстанцій і т.д.

При виборі типу ДБЖ для будь-якої конкретної апаратури необхідно, щоб показники всіх значень реальної нестабільності (статичні, імпульсні і високочастотні зміни) входили в допуски, що встановлюються в паспортних даних на ДБЖ.

Вихідні параметри. Вихідним для ДБЖ є змінна напруга $U_n = 220$ або 380 В частоти 50 Гц. Для типових, серійно випускаються ДБЖ допускається нестабільність напруги лежить в межах від ± 3 до $\pm 7\%$ при 100% зміни потужності навантаження від нуля до максимальної. Форма напруги U_n зазвичай синусоїдальна з коефіцієнтом нелінійних спотворень КНІ не більше 5% , однак деякі малопотужні моделі ДБЖ мають прямокутну форму напруги U_n , діюче значення якого дорівнює 220 В.

Вихідна потужність ДБЖ знаходиться в межах від $100 \dots 200$ Вт до сотень кіловат, причому при потужності понад 1 кВт в якості вхідної напруги E_c використовується, як правило, трифазну напругу. При цьому вихідна напруга

Ун також трифазне. У деяких ДБЖ є трансформаторна гальванічна розв'язка між напруженнями Ун і Ес.

Для більшості типів ДБЖ нормується перевантажувальна здатність з наступними найбільш типовими параметрами: тривалість 120% потужності навантаження допускається протягом 30 хв, 150% - протягом 30 с.

Промислово випускаються ДБЖ в залежності від типу використаних акумуляторів здатні підтримувати роботу комп'ютерів (режим автономної роботи) від декількох хвилин до десятків годин при відсутності напруги Ес. Акумулятори можуть бути вбудованими в ДБЖ або виконаними у вигляді окремих конструктивно закінчених модулів. Останні призначені для роботи при великих інтервалах часу відключення напруги Ес. Напруга акумуляторів, що застосовуються в ДБЖ, відповідає наступному стандартному ряду: 12, 24, 36, 48 або 120 В з ємністю 5 А/ч і більш. Для ДБЖ з великою вихідною потужністю (1 кВт і більше) використовуються модульні акумулятори з одиничною ємністю модуля до 150 А / ч. При зміні числа модулів від 1 до 11, час автономної роботи ДБЖ лежить в межах 7 - 470 хв. Найбільш поширений тип акумуляторів - свинцево-кислотні, герметичні, необслуговувані. Час їх заряду до 90% повної ємності змінюється від 3 до 6 годин.

У більшості випадків для коректного вимикання (згортки) комп'ютера при зникненні напруги Ун і подальшого його запуску в комплект ДБЖ входить відповідне апаратне і програмне забезпечення, що передбачає його функціонування в різних операційних системах: Windows 95/98/2000 / NT, Novel Netware, Linux, Free BSD і ін. При цьому обмін інформацією між ДБЖ і комп'ютером може відбуватися по послідовному інтерфейсу RS-232 або по мережі через адаптер SNPP NTTP. Це ж обладнання веде журнал подій і виконує моніторинг вхідних і вихідних параметрів ДБЖ, а також акумуляторів. Забезпечується можливість виведення поточної і накопиченої інформації на спеціальне робоче вікно монітора.

Практично всі серії ДБЖ, що випускаються, призначені для роботи в діапазоні температур навколишнього середовища від 0 до + 40 ° С з вологістю

про 90% без конденсації. Це є істотним обмеженням їх застосування в апаратурі СЦБ і зв'язку залізничного транспорту.

2. Принципи побудови UPS

Відповідно до міжнародного стандарту IEC 60146-4 джерела безперебійного електроживлення діляться по схематичній реалізації та принципу дії на наступні три основні групи [2, 3]:

- 1) з відключенням мережі (off-line);
- 2) лінійно-інтерактивного типу (line-interactive);
- 3) з включеною мережею (on-line).

Структурна схема ДБЖ типу off-line приведена на рис. 1. В основному режимі роботи, коли первинне змінну напругу E_c задовольняє заданим показникам якості, харчування навантаження U_n здійснюється через фільтр. Основний канал передачі енергії в розглянутих ДБЖ тут і далі показаний потовщеними лініями схеми. Контроль якості напруги U_n здійснюється відповідним контрольним реле, контакт якого S виконує перемикавання навантаження. У фільтрі використовуються елементи, які виконують також функції обмежувача імпульсних перешкод. Одночасно з цим через випрямляч заряджаються акумулятори. Інвертор, постійно підключений до акумуляторів, призначений для перетворення постійної напруги в змінну - U_n . При роботі ДБЖ в основному режимі інвертор може бути відключений від акумуляторів, а його включення забезпечується контактом (аналогічним S) контрольного реле, однак при цьому має враховуватися час виходу інвертора на номінальний режим встановлення вихідної напруги, яке зазвичай буває значним.



Рис. 1. Структурна схема ДБЖ типу off-line

Коли контрольне реле виявляє відхилення напруги E виходить допустимі норми, контакт S перемикається, ДБЖ переходить в автономний режим роботи і навантаження U_n забезпечується електроживленням від інвертора. ДБЖ мають час перемикавання контакту S в межах $t_{пр} - 4 \dots 15$ мс. Такий інтервал часу зникнення змінної напруги U_n в переважній більшості випадків не впливає на працездатність апаратури обчислювальної техніки, так як її власні джерела електроживлення, маючи внутрішні згладжують фільтри, допускають великі значення $t_{пр}$. Якщо інвертор в основному режимі відключений від акумуляторів, то потрібно виконати пуск інвертора, і тоді типова тривалість часу $t_{пр}$ складе 10-20 періодів частоти мережі і більш, що для частоти 50 Гц становить $t_{пр} > 200$ мс.

До недоліку ДБЖ типу off-line відноситься його незадовільна робота при низькому якості напруги E_c , коли мають місце часті перемикавання контакту S . Це визначає труднощі відновлення ємності акумулятора. Крім того, так як навантаження U_n підключається безпосередньо до мережі E_c , до фільтру висуваються жорсткі вимоги щодо придушення різного роду імпульсних перешкод.

Таким чином, термін off-line (відключена мережу) означає, що при появі неприпустимих відхилень первинної напруги навантаження U_n відключається від мережі E_c і переходить на живлення від інвертора.

Структурна схема ДБЖ типу line-interactive приведена на рис. 2. Її відмінність від схеми на рис. 1 полягає в застосуванні регулятора, який покращує якість напруги на навантаженні при роботі в основному режимі.

Регулятор зазвичай реалізується у вигляді ступеневої перемикача напруги, побудованого на основі трансформатора або автотрансформатора з декількома обмотками. У деяких моделях ДБЖ використовуються більш складні стабілізатори змінної напруги.

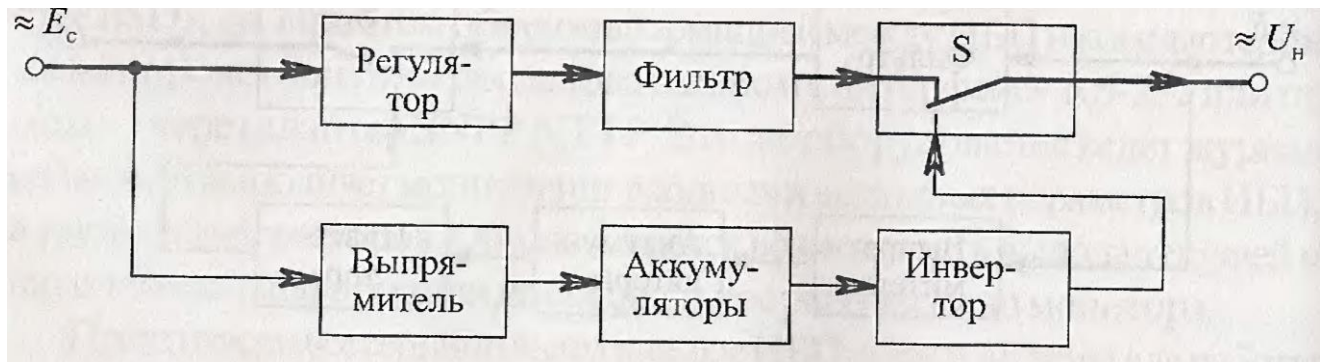


Рис. 2. Структурна схема ДБЖ типу line-interactive

Основною перевагою даного ДБЖ є те, що при змінах величини напруги перемикання контактом S на роботу в автономному режимі відбувається набагато рідше. Причому чим більше діапазон допустимих змін напруги E_c , компенсуються регулятором, тим рідше джерело буде переходити в автономний режим роботи. Знижується також жорсткість вимог до електричних характеристик фільтра, що зменшує його вартість. Це обумовлює підвищення надійності роботи ДБЖ і зменшення енергоспоживання від акумуляторів. Однак тут є такий недолік, як короткочасне зникнення напруги U_n при перемиканні контакту S.

Велику надійність і кращу якість напруги U_n забезпечують ДБЖ типу on-line (структурна схема на рис. 3). У подібних джерелах мережеве напруга E_c через випрямляч надходить на перетворювач постійної напруги ІСН.

Інвертор постійно подає харчування на навантаження, ніж усуваються перехідні процеси перемикання механічних контактів. Паралельне з'єднання виходів ІСН і акумуляторів забезпечує безперервність роботи інвертора при комутації його вхідної напруги, що виключає навіть короткочасні перерви напруги U_n . Очевидно, що діапазон допустимих змін вхідної напруги E_c ІСН може бути значним і розрахованим на тривалі статичні і імпульсні перешкоди.

Перевагою ДБЖ подібного типу є висока стабільність напруги U_n в широкому діапазоні впливу дестабілізуючих факторів з боку джерела E_c . Практично стабільність напруги U_n відомих моделей ДБЖ подібного типу забезпечується в межах 1 ... 3% при зміні напруги E_c від нуля до 280 В. Наявність імпульсних перетворювачів (ІСН) в основному і резервному каналах

передачі енергії дозволяє отримати більш широкі можливості по реалізації функцій захисту навантаження і власне безперервного живлення від перевантажень. Типові ДБЖ забезпечують роботу пристроїв без перемикання на акумулятори в діапазоні величин напруг $E_c = 160 \dots 280 \text{ В}$.



Рис. 3. Структурна схема ДБЖ типу on-line

Недоліком ДБЖ типу on-line є порівняно невисокий ККД що обумовлено подвійним силовим перетворенням енергії постійної напруги (в перетворювачі ІСН і інвертор) по відношенню до раніше розглянутим структурам ДБЖ. Зокрема, для джерел останніх модифікацій ККД знаходиться в межах $\eta = 85\text{--}92\%$, в той час як для on-line практичні значення η на 7-15% нижче. Крім того, наявність двох перетворювачів електричної енергії збільшує вартість ДБЖ. Незважаючи на ці недоліки, ДБЖ типу on-line знайшли більше застосування, так як вони забезпечують розумний компроміс між вартістю, безпекою і надійністю роботи апаратури обчислювальної техніки.

Таким чином, термін on-line (включена мережу) означає, що мережа первинної напруги ДБЖ залишається підключеною до основного каналу регулювання в значно більшому діапазоні змін напруги E_c .

Подальше підвищення надійності ДБЖ типу on-line досягається шляхом введення в нього пасивного каналу (by-pass) передачі енергії з джерела E_c до навантаження U_n . Структурна схема цього ДБЖ приведена на рис. 4. Тут канал by-pass підключається контактом S при виникненні відмов, наприклад, в інвертор або в ІСН і в акумуляторі одночасно.

Так як подібна ситуація досить рідкісна, введення в схему контакту S , перемикання якого викличе появу одного короткочасної перерви напруги U_n , цілком виправдано. Останні моделі ДБЖ забезпечують перемикання його

роботи в режим by-pass без перехідних процесів в харчуванні навантаження (intelligent by-pass).



Рис. 4. Структурна схема ДБЖ типу on-line by-pass

Існують різні шляхи вдосконалення структур ДБЖ. Перспективним напрямком є використання модульних принципів нарощування потужності навантаження. Прикладом може служити паралельна дворівнева структурна система включення ДБЖ (master-slave), функціональна схема якої приведена на рис. 5. Тут ДБЖ1 master першого рівня управляє розподілом навантаження між ДБЖ slave другого рівня. При відмові одного з ДБЖ збільшується навантаження на ДБЖ master. Це викликає передачу відповідних сигналів по інформаційних каналах зв'язку на функціонуючі ДБЖ slave, що створює відповідне перерозподіл вихідної потужності між ними для підтримки незмінності вихідної напруги U_n .

Розглянута система ДБЖ має в порівнянні з попередніми більш високою надійністю і дозволяє при появі відмов в системах електроживлення та електропостачання, в тому числі і залізничного транспорту, забезпечити функціонування навантаження. Крім того, наявність в ДБЖ типу master сигналу про відмову того чи іншого блоку дозволяє передавати попереджувальну інформацію для експлуатаційного штату при збереженні працездатності системи електроживлення.

Існують також різні модифікації систем електроживлення (рис.5).

Найбільш перспективним і загальним принципом їх побудови є використання паралельно включених ДБЖ, що працюють в режимі «гарячого»

резервування. При цьому живучість і надійність функціонування подібних ДБЖ забезпечується за рахунок модульного виконання і можливості блочного нарощування вихідної потужності.

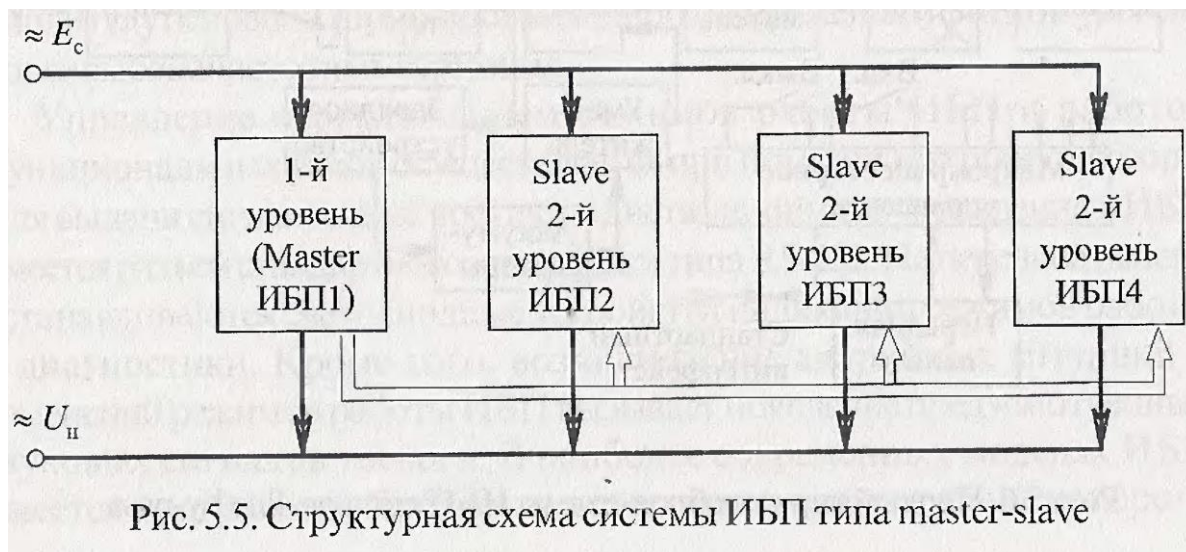


Рис.5. Структурна схема системи ДБЖ типу master-slave

3. Функціональні вузли ДБЖ

Для розгляду принципів роботи і побудови функціональних вузлів розглянемо варіанти блок-схем ДБЖ типу on-line by-pass, оскільки саме такі ДБЖ мають найкращі показники надійності і живучості. Перший варіант (відповідає джерела типу NetPro виробництва IMV) наведено на схемі рис. 6. Тут, так само як і в попередніх схемах, потовщеними лініями показано напрямки передачі енергії в основному режимі роботи ДБЖ.

Встановлені у вхідному і вихідному колах фільтри призначені для придушення високочастотних перешкод і імпульсів перенапруження тривалістю в одиниці мікросекунд і менш. У деяких випадках до складу цих фільтрів входять обмежувачі напруги, що дозволяють виконувати обмеження амплітуди імпульсних перешкод істотно більшої тривалості. Трансформатор TV служить для забезпечення гальванічної розв'язки напружень, що діють в схемі, від напруги E . Коефіцієнт трансформації TV дорівнює одиниці, так як його вихідна напруга в режимі роботи by-pass дорівнює напрузі Ланцюг передачі енергії by-pass включається контактом S тільки при відсутності

вихідної напруги U_n і при наявності напруги мережі E_c , т. Е. При відмові каналу автономної передачі енергії через інвертор схеми ДБЖ. Випрямляч, підключений до вторинної обмотці TV, зазвичай виконується у вигляді мостового випрямляча з ємнісним згладжувальним фільтром. Імпульсний перетворювач ІСН служить для перетворення постійного вихідної напруги випрямляча в постійне, що є входним для регулюємого інвертора, що перетворює постійну напругу в змінну $U_n = 220 \text{ В}, 50 \text{ Гц}$.



Рис. 6. Перший варіант блок-схеми ДБЖ типу on-line by-pass

З метою підвищення ККД імпульсного перетворювача постійної напруги (ІСН) його електроживлення здійснюється від щодо високої напруги, рівного випрямлення напруги E_c . Однак застосовувати акумулятори, які здійснюють електроживлення ІСН при зниженні якості напруги мережі E_c , на це ж висока напруга нерационально з економічних міркувань. Тому на виході акумуляторів включений множник напруги, в якості якого використовується ІСН підвищує типу. Зарядний пристрій акумуляторів працює від постійної напруги з виходу ІСН. Це відрізняє розглянуту блок-схему від структурної схеми рис. 3 і 4. Зазвичай в якості зарядного пристрою застосовується ІСН понижуючого.

Інвертор представляє собою двотактний мостовий або полумостовий імпульсний перетворювач напруги, у яких, однак, вихідним є змінна напруга вторинної обмотки трансформатора ДКУ. Для отримання синусоїдального змінного напруги з прямокутного служать вихідні CLC фільтри, що виділяють

першу гармоніку напруги 50 Гц. Регулювання величини вихідної напруги інвертора транзистори здійснюється за допомогою ШІМ контролера. Застосування високочастотних методів перетворення дозволяє збільшити ефективну амплітуду основної гармоніки вихідної напруги і знизити рівень більш високочастотних гармонік.

Управління перемиканням режимів роботи ДБЖ і роботою функціональних вузлів здійснюється за допомогою мікропроцесора. Для видачі сигналів діагностики та дистанційного керування в ДБЖ є роз'єм стандартного інтерфейсу типу RS-232. На передній панелі встановлюються світлодіодні пристрої індикації режимів роботи і діагностики. Крім того, виникнення аварійних ситуацій і змін режимів роботи ДБЖ викликає поява передбачених звукових сигналів тривоги. У найбільш сучасних моделях ДБЖ є програмний режим самотестування, протягом якого навантаження живиться від акумуляторів. При успішному виконанні програми самотестування джерело переходить в режим роботи від мережі. Зазвичай самотестування виконується автоматично при включенні, а також через кожні два тижні.

Другий варіант ДБЖ on-line by-pass (відповідає ДБЖ серії OMNI компанії TRIPP LITE) показаний на блок-схемі рис. 7. Його основна відмінність від попередніх (рис. 6) полягає в тому, що при виникненні відхилень напруги мережі E_c понад допустимих норм відбувається перемикання відводів первинної обмотки w_1 , завдяки чому напруга на вході інвертора приводиться до заданим нормам. Тут заряд акумуляторів здійснюється пристроєм, підключеним до однієї з вторинних обмоток трансформатора TV. Зарядний пристрій, на відміну від попередньої схеми ДБЖ, отримує живлення від змінної напруги однієї з вторинних обмоток трансформатора TV і реалізується різноманітними і досить простими схемотехнічними рішеннями. Схема управління реалізована на спеціалізованих мікроконтролерів.

В іншому функціональні вузли ДБЖ не відрізняються від розглянутих у попередній схемі рис. 6

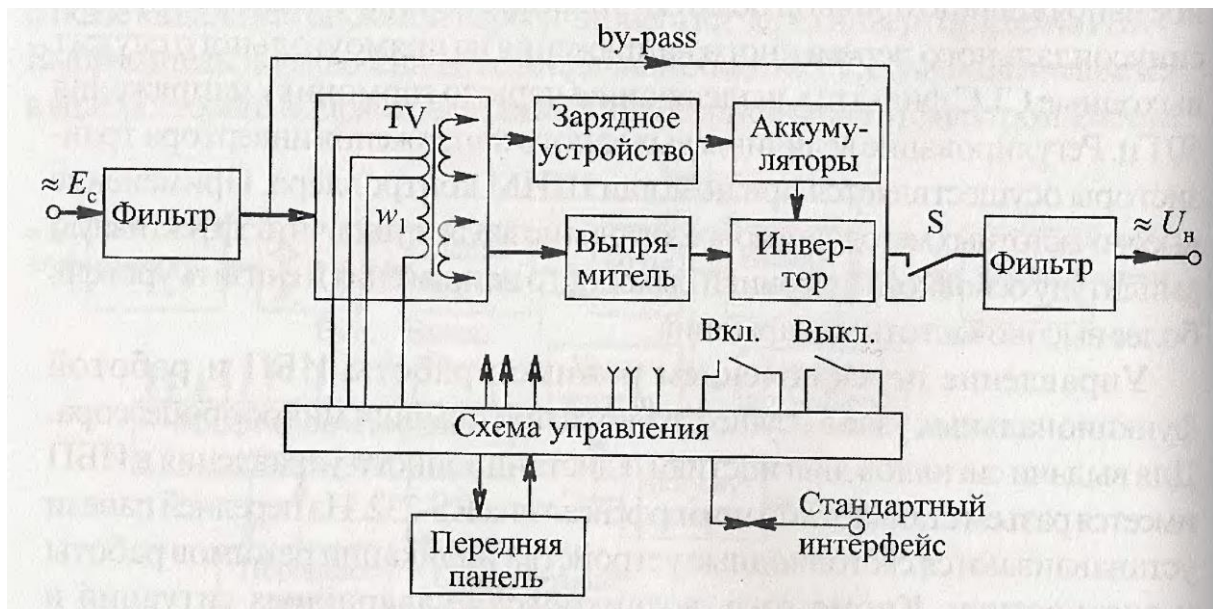


Рис. 7. Другий варіант ДБЖ on-line by-pass

Практично всі випрямлячі змінної напруги, які використовуються в ДБЖ, мають на своєму виході конденсаторний згладжує фільтр. Струм, споживаний подібним випрямлячем, має істотно нелінійну імпульсну форму. Це призводить до появи значної за величиною реактивної складової повної потужності втрат, споживаної безперервного живлення від мережі змінного напруження E . В цьому випадку, навіть якщо до виходу випрямляча підключена активне навантаження, коефіцієнт потужності ДБЖ зменшується до значень $\cos \varphi = 0,5 \dots 0,6$, в той час як для реальної активної навантаження він становить $0,96 \dots 0,99$. Це викликає додаткове навантаження на мережу змінної напруги E_c , збільшує енергоспоживання ДБЖ і є його недоліком.

З метою усунення цього недоліку розроблено ряд міжнародних стандартів, в яких застереження щодо вимоги введення в джерела електроживлення з споживаної потужністю понад $300 \text{ В} \cdot \text{А}$, мають на вході випрямляч з конденсаторним фільтром, спеціальних пристроїв в коректорів потужності спотворенні (КМП), призначених для збільшення коефіцієнта потужності $\cos \varphi$. Функціональне призначення КМП полягає в тому, що імпульсна форма струму, споживаного ДБЖ, перетворюється в синусоїдальну. Це визначає включення КМП на вході ДБЖ. Разом з цим якщо потужність, споживана апаратурою обчислювальної техніки перевищує $300 \text{ В} \cdot \text{А}$, то на вході джерел її

електроживлення також необхідно встановлювати КМІ. Таким чином, КМІ є функціональним вузлом, який повинен використовуватися в багатьох джерелах електроживлення, мають вхідний випрямляч з конденсаторним згладжувальним фільтром.

Принципова схема КМІ і спрощені тимчасові діаграми його роботи наведені на рис. 5.8, а, б. По суті відбуваються в схемі процесів КМІ є підвищує імпульсним стабілізатором постійної напруги.

Транзистор VT (див. схему рис. 8, а) працює в імпульсному режимі з високою частотою перетворення $f_{\text{пр}}$, у багато разів перевищує низьку частоту f_c змінної напруги мережі E_c . В сучасних КМІ частота $f_{\text{пр}}$ дорівнює кільком десяткам кілогерц і використовується в основному модуляція типу ШИМ. В цьому випадку можна вважати, що за час періоду $T_{\text{пр}} = 1/f_{\text{пр}}$ зміни напруги E_c на вході КМІ будуть значно малі. На інтервалі відкритого стані VT електромагнітна енергія струму випрямляча, що представляє собою низькочастотну однополярну незгладжену полусінусоїду, накопичується в дроселі L. Після замикання УТ ця енергія разом з енергією первинного джерела E_c передається в навантаження E_n . Функціонування КМІ забезпечується тільки при ненульових початкових умовах протікання імпульсних струмів через дросель L.

Тимчасові діаграми рис. 8, б показують, що протягом напівперіоду $T - 1/f_{\text{пр}}$ змінної напруги мережі E_c відбуваються такі процеси роботи пристрою. На початку показаного полуперіода, коли миттєві значення змінної напруги мережі E_c малі, тривалість t_z закритого стану транзистора VT щодо велика. У міру збільшення миттєвих значень напруги мережі з тривалість імпульсу t зменшується, досягаючи мінімуму при напрузі, рівному $E_c \text{ макс.}$ Далі, у міру зменшення миттєвих значень напруги мережі E_c , відбуваються зворотні процеси.

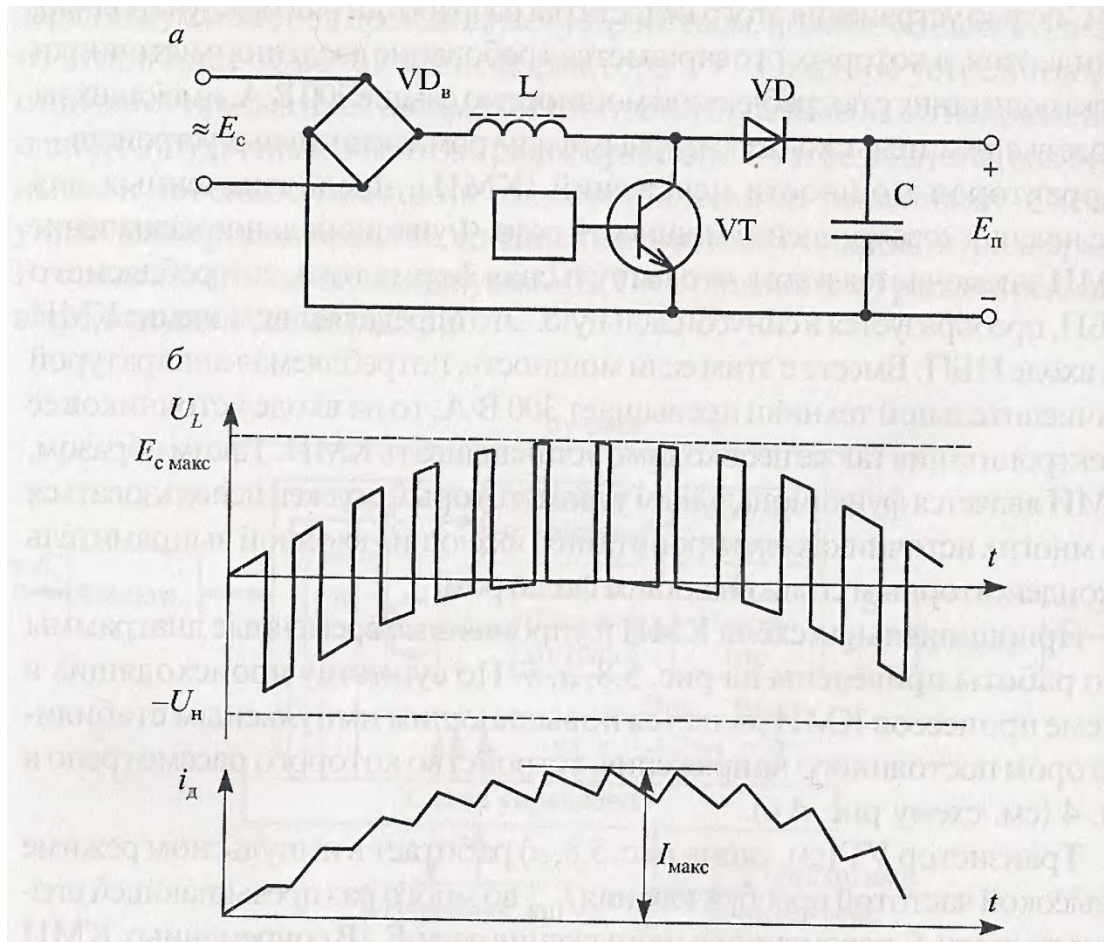


Рис.8. Принципова схема коректора потужності змін

Отже, у міру збільшення миттєвих значенні змінної напруги мережі відбувається зменшення інтервалів часу, коли вихід випрямляча VD в підключається до виходу E_{Π} , а при зменшенні тривалість цих інтервалів збільшується. Якщо закон зміни часових параметрів імпульсів, які керують роботою транзистора VT , матиме синусоїдальний характер виду

$$\gamma = 1 - \sin \varphi_c t,$$

де $\gamma = (T_{\text{пр}} - t_z) / T_z$ - сквапність імпульсів управління;

$$\varphi_c = 2\pi f_c,$$

то форма струму, споживаного КМІ, буде синусоїдальної, що показано на епюрі струму i_d , що протікає через діод VD тимчасових діаграм рис. 8, б.

Конденсатор C схеми рис. 8, а призначений для згладжування високочастотних пульсацій, обумовлених імпульсною роботою КМІ (частота $f_{\text{пр}}$), і не впливає на низькочастотні процеси (частота f_c) роботи пристрою.

4. Енергетичні та тимчасові характеристики ДБЖ і навантаження

Джерела безперебійного електроживлення повинні експлуатуватися з дотриманням всіх норм вхідних і вихідних параметрів. Невиконання заданих норм може призвести до відмови ДБЖ або до неприпустимого відхилення величин вихідної напруги. Тому при виборі типу ДБЖ необхідно обумовлювати значення первинного E_c напруги і потужності навантаження P_n , які повинні повністю відповідати параметрам серійно випускаються або пропонується прийняти ДБЖ.

Відповідно до нормативних документів можливі зміни середнього значення первинного змінної напруги E_c для постових пристроїв СЦБ знаходяться в межах 183 ... 260 В, а для підлогових - 60 ... 260 В при номінальному значенні 220 В. Відповідно до цього ДБЖ в залежності від області застосування повинен нормально функціонувати в зазначених діапазонах напруги E_c .

Вихідна потужність ДБЖ також повинна відповідати певним параметрам навантаження. Розрахунок потужності навантаження, в якості якої виступають пристрої обчислювальної техніки, має певну специфіку. У довідкових даних на пристрої обчислювальної техніки задається або можливий діапазон споживаної потужності, або її максимальне значення. Однак, по суті, ця максимальна потужність є усередненою протягом великого числа періодів частоти 50 Гц і вимірної вимірювальними приладами середнього або діючого значення параметрів. В апаратурі обчислювальної техніки мають місце імпульсні режими роботи, які не фіксуються звичайними вимірювальними приладами. До цих режимів відносяться моменти первинного включення апаратури або деякі певні процеси роботи, коли енергоспоживання протягом декількох десятків, сотень мілісекунд, а іноді і секунд збільшується в 1,5-2 рази і більше.

Специфіка електричних характеристик ДБЖ в момент первинного включення апаратури обчислювальної техніки визначається двома факторами. До першого відноситься використання в апаратурі безтрансформаторних джерел вторинного електроживлення (ІВЕП), на вході яких встановлено мережевий випрямляч з ємнісним фільтром. Основним недоліком цього випрямляча є наявність великих за величиною імпульсів струму заряду конденсатора фільтра, що визначає додаткове навантаження на ДБЖ. Інший фактор, що викликає додаткове навантаження на ДБЖ, викликаний, наприклад, тим, що при первісному включенні монітора, виконаного на електронно-променевої трубки, відбувається розмагнічування його екрану, яке здійснюється за рахунок пропускання відеоімпульсу змінної напруги частоти 50 Гц через розмагнічувати обмотку. Амплітуда цього імпульсу практично перевищує середнє значення струму, споживаного монітором, в 4-8 разів при його тривалості в 6-12 періодів частоти 50 Гц мережі змінної напруги.

У моніторах з рідкокристалічним екраном ця складова споживаного струму відсутня.

З урахуванням викладеного потужність, на яку повинен бути розрахований ДБЖ, визначається виразом

$$P_{\text{вих ДБЖ}} = k_{\text{зап}} (\sum P_{\text{ср}} (\text{макс})) / (\cos \varphi)$$

де $k_{\text{зап}}$ - коефіцієнт запасу, який визначається імпульсними процесами роботи апаратури обчислювальної техніки (зазвичай приймається $k_{\text{зап}} - 1,3$),

$\sum P_{\text{ср}} (\text{макс})$ - сума середніх максимальних значень потужності, споживаної комплексом апаратури (системний блок, монітор, модем, принтер і т.д.);

$\cos \varphi$ - коефіцієнт потужності навантаження джерела вторинного електроживлення комп'ютера і монітора.

Якщо в них не застосовуються КМІ, то приймається $\cos \varphi - 0,6$, а при наявності КМІ $-\cos \varphi = 0,95 \dots 0,98$.

Розглянемо приклад розрахунку необхідної вихідної потужності ДБЖ (Вт) для персонального комп'ютера з процесором Pentium наступній комплектації:

системний блок з ОЗУ 128 Мбайт і НМЖД

ємністю 4 Гбайт	90 ... 100
монітор HP, NEC або ViewSonic з діагоналлю екрана від 17 до 21 дюйма з електронно-променевою трубкою	90 ... 100
модеми	Не більше 10
сумарна максимальна споживана потужність Р _{ср} (макс)	210

Підстановка цих даних в для $\cos \varphi = 0,6$ дає: $P_{\text{вих ДБЖ}} = 450 \text{ Вт}$. Таким чином, при споживанні, за паспортними даними, апаратурою обчислювальної техніки максимальної потужності рівний 210 Вт, ДБЖ повинен бути розрахований на вихідну потужність 450 Вт. Очевидно, що при збільшенні $\cos \varphi$, в разі використання КМІ, ця потужність знизиться.

Інтервали часу $t_{\text{авт}}$, протягом яких ДБЖ повинен забезпечувати вихідну напругу U_n в режимі автономної роботи (при відсутності змінної напруги E_c мережі), розподіляються наступним чином: для персональних комп'ютерів «домашнього» варіанту $t_{\text{авт}} = 5-15$ хв; для складних обчислювальних комплексів типу серверів більш 30 хв, для пристроїв залізничної автоматики, телемеханіки і зв'язку тривалість автономної роботи визначається часом реакції обслуговуючого або ремонтного персоналу на відключення напруги 220 В (або 380 В) і подальшого усунення несправності.

Таким чином, для сучасної електронної апаратури, що в більшій мірі відноситься до обчислювально-інформаційних систем, необхідно використання джерел безперебійного електроживлення, так як мережі змінної напруги 220/380 В не забезпечують необхідних показників якості та можливі випадки зникнення напруги, що може привести до незворотної втрати інформації в електронних приладах. Це неприпустимо для залізничних систем, що виконують інформаційно-керуючі функції і забезпечують оперативною інформацією експлуатаційний штат мережі доріг.

Існують кілька основних і найбільш широко застосовуються варіантів структурних схем ДБЖ, що відрізняються один від одного складністю, вартістю і якістю вихідної напруги при впливі різних дестабілізуючих факторів по

входах ДБЖ. До складу всіх ДБЖ входять акумуляторні батареї, які забезпечують функціонування електронної апаратури на задані інтервали часу. При тривалому провалі первинної напруги використовують модульний принцип підсумовування потужності акумуляторних батарей. Для перетворення постійної напруги в змінну вихідний в ДБЖ є інвертори, у яких, однак, для отримання змінної напруги використовуються вихідні фільтри на частоту 50 Гц і спеціальні закони модуляції постійної напруги. Найбільш перспективними є ДБЖ з паралельно включеними силовими структурами, що забезпечує більшу живучість, надійність і універсальність застосування ДБЖ для навантажень різної потужності.

При потужностях ІВЕП, що підключаються до виходу ДБЖ, більше 300 Вт потрібне застосування КМІ, які дають зниження вхідної реактивної потужності, що дозволяє знизити встановлену потужність ДБЖ.

ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТОРОЛЮ

- 1) Які призначення і основні параметри ДБЖ?
- 2) Які функціональні можливості сучасних ДБЖ?
- 3) Назвіть принципи побудови UPS.
- 4) Поясніть принцип дії схеми ДБЖ типу off-line.
- 5) Поясніть принцип дії схеми ДБЖ типу line-interactive.
- 6) Поясніть принцип дії схеми ДБЖ типу on-line.
- 7) Вкажіть призначення і принцип дії каналів by-pass і intelli-gent by-pass.
- 8) Які існують способи побудови UPS? Які принципи їх дії, основні недоліки та переваги?
- 9) У чому полягає взаємозв'язок енергетичних і тимчасових характеристик ДБЖ і навантаження? Який вплив нелінійного характеру $\cos \varphi$ на вихідні параметри ДБЖ?

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТКАТУРИ

1. Устройства электропитания аппаратуры автоматики и телемеханики железнодорожного транспорта: Технические требования. РД32ЦШ10.09-2003.-М.: ВНИИУП-МПС, 2003.
2. Кучеров Д.П. Источники электропитания ПК и периферии. – СПб.: Наука и техника, 2002.
3. Сергеев Б.С., Чечулина А.Н. Источники электропитания электронной аппаратуры железнодорожного транспорта. – М.: Транспорт. 1998.
4. Сапожников Вл.В., Ковалев Н.П., Кононов В.А., Костроминов А.М., Сергеев Б.С.; Под ред.. проф.. Сапожникова Вл.В. Электропитание устройств железнодорожной автоматики, телемеханики и связи: Учебник для вузов ж.-д. транспорта. –М.: маршрут, 2005. – 453с.

