

теріал повинен мати досить високу електронну провідність навіть без спеціальних струмопровідних добавок.

Список літератури

1. Астахов Ю.Н., Веников В.А., Тер-Газарян А.Г. Накопители энергии в электрических системах: Учеб. пособие для электроэнергет. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1989. – 159 с.
2. Бут Д.А., Алиевский Б.Л., Мизюрин С.Р., Васюкевич П.В. Накопители энергии: Учеб. пособие для вузов. Под ред. Д.А. Бута. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 400 с.
3. Щерба А.А., Третьяк М.В., Иващенко Д.С. Анализ переходных и установившихся электрических режимов аккумуляторной батареи и суперконденсаторов, включенных параллельно в системах питания электромобилей // Техн. електродинаміка. Темат. вип. "Силовая електроніка та енергоефективність. –2011. – Ч. 2. – С. 93–98.
4. Кузнецов, В. Конденсаторы с двойным электрическим слоем (ионисторы): разработка и производство [Текст] / В. Кузнецов, О. Панькина, Н. Мачковская, Е. Шувалов, И. Востриков // Компоненты и технологии. – 2005. – № 6. – С. 29 – 34.
5. Conway B. Electrochemical supercapacitors: scientific fundamentals and technological applications. — New York: Kluwer Academic Plenum Publishers, 1999. — 698 p.
6. Beguin F., Frackowiak E. Supercapacitors: Materials, Systems and Applications. // First Edition, 2013. — Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. — 527 p.
7. Zubieta L., Bonert R. Characterization of Double-Layer Capacitors for Power Electronics Applications // IEEE Trans. On Industry Applications. – Vol. 36. – No. 1, January-February 2000. – P. 199–205.
8. Ізотов В.Ю., Громадський Д.Г., Рудницька Г.А. Дослідження роботи суперконденсатора в рамках дволанкової RC-моделі // Техн. електродинаміка. – 2011. – № 2. – С. 70–75.
9. Burke A., Miller M., Zhao H. Ultracapacitors in Hybrid Vehicle Applications: Testing of New High Power Devices and Prospects for Increased Energy Density // Research Report – UCD-ITS-RR-12-06. – Institute of Transportation Studies, University of California, May 2012.
10. Смотров, Е. А. Оптимизация процесса торможения в электроприводах малых электротранспортных средств. [Текст]. / Е. А. Смотров, Д. В. Вершини, В. Г. Герасимьяк // Електротехнічні та комп'ютерні системи. – К. : Техніка, 2012. – №05(81). – С. 5–11.
11. Adam M. Ragheb and Magdi Ragheb. Wind Turbine Gearbox Technologies. University of Illinois at Urbana-Champaign, 216 Talbot Laboratory, USA. Fundamental and Advanced Topics in Wind Power. 20, June, 2011, 422 p., pp. 189-206.
12. Wind Turbine Doubly-Fed Induction Generator (Phasor Type) – Simulink Library Element. Matlab and Simulink 2014 Edition. The MathWorks, Inc.
13. Dudurych O., Conlon M. Impact of reduced system inertia as a result of higher penetration levels of wind generation. Power Engineering Conference (UPEC), 2014 49th International Universities Publication Year: 2014 , Page(s): 1 - 6
14. Nikolic, D. ; Negnevitsky, M. ; de Groot, M. ; Gamble, S. ; Forbes, J. ; Ross, M. Fast demand response as an enabling technology for high renewable energy penetration in isolated power systems . PES General Meeting | Conference & Exposition, 2014 IEEE DOI: 10.1109/PESGM.2014.6939282 Publication Year: 2014 , Page(s): 1 – 5.

Рукопис подано до редакції 18.04.16

УДК 629.349:62-182

Ю.Б. ФІЛПП, канд. техн. наук, доц., А.В. БЕЛОУС, магістрант
Криворізький національний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТЯГОВОЇ ПІДСТАНЦІ ТРОЛЕЙБУСІВ КРИВОГО РОГУ

Визначення енергетичних показників тягової підстанції в районі підстанції Ленинская-2, що обслуговує маршрути троллейбусів №3, 17 наукове обґрунтування і розробка методів розрахунку показників якості електроенергії, що дозволяють підвищити енергоефективність тягових підстанцій міських троллейбусів. Підвищити енергетичну ефективність роботи тягового електроприводу можливо за рахунок використання енергії гальмування великовантажних кар'єрних самоскидів, застосувавши рекуперативне гальмування, як основний спосіб електричного гальмування. визначення енергетичних показників тягової підстанції в районі підстанції Ленинская-2, що обслуговує маршрути троллейбусів №3, 17 наукове обґрунтування і розробка методів розрахунку показників якості електроенергії, що дозволяють підвищити енергоефективність тягових підстанцій міських троллейбусів.

Ключові слова: підстанція, тяговий, енергетичні показники, потужність, троллейбус

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. Найбільше зниження витрат електроенергії у міському електротранспорті можна забезпечити за рахунок підвищення ефективності роботи транспортних засобів. Втрати енергії в системі електропостачання електротранспорту сягають 25% загального обсягу електроенергії, що ним споживається.

Технічний стан експлуатуємого рухомого складу значно впливає на витрати електроенергії. На переборення рухомим складом опору його руху витрачається більше 30% загальних витрат електроенергії. В згаданий опір руху включається внутрішнє тертя в вузлах і механізмах трамваю і тролейбуса, їх взаємодія з рельсами чи дорожнім покриттям. Тому важливо підтримувати в доброму стані всі деталі, що обертаються, підшипники, а також гальмівну систему.

Одним із найбільш ефективних способів значної економії електроенергії на електричну тягу – це впровадження рекуперативного гальмування, коли накопичена вагоном кінетична енергія перетворюється при його гальмуванні в електричну, що повертається в контактну мережу. Енергія рекуперації в залежності від конкретних умов, що характеризують лінію і рухомий склад, може складати у міському електротранспорті 10-25% енергії, що витрачається на електричну тягу.

Серед інших напрямів зниження споживання електроенергії у міському транспорті слід відмітити:

Впровадження в трамваях і тролейбусах автоматики керування режимами роботи систем опалення. Встановлення автоматики режимів опалення в залежності від температури повітря навколишнього середовища дає зниження витрат електроенергії на обігрів пасажирських салонів і робочих місць на 10-25 % споживаємого рухомим складом електроенергії.

Зниження пускових (реостатних) втрат електроенергії в трамваях і тролейбусах (в старих системах електроприводів, в яких пуск здійснюється реостатним способом) можливе при здійсненні наступних заходів:

- ліквідація лишніх зупинок на трасі трамваю та тролейбуса;
- скорочення додаткових зупинок на перегоні між основними зупинками.

Використання частотно регульованого електроприводу в сучасних трамвайних та тролейбусних вагонах дозволяє відмовитись від резисторно-контакторного пуску, де відбуваються непродуктивні втрати електроенергії на нагрів пускових резисторів.

Оптимізацію пасажирських маршрутів з метою уникнення частих зупинок на трасі через перевантаження вулиць транспортом, побудову окремих ліній (ліній швидкісного трамваю) для міського електротранспорту. Важливо визначити оптимальну довжину перегонів і кількість зупинок. Розміщувати зупинки перед світлофорами чи на верхніх точках профілю маршруту.

Економне водіння поїздів трамваїв та тролейбуса значно скорочує витрати електроенергії на рух (максимальне використання вибігу і доведення до мінімуму гальмівних втрат). З метою зниження витрат електроенергії розробляються режими водіння (маршрутні карти) для кожного перегону. При складанні маршрутних карт необхідно максимально використовувати вибіг і доводити до мінімуму гальмівний шлях.

В тягових електроприводах постійного і змінного струму на тягових підстанціях обов'язково використовуються випрямлячі постійного струму, який в подальшому використовується або для живлення двигунів постійного струму, або після інвертування для живлення двигунів змінного струму.

Тому виникає необхідність вивчення дослідження енергетичних показників тягових підстанцій міського електротранспорту з метою встановлення шляхів раціонального використання електроенергії, а також розробка заходів щодо енергозбереження, що є важливою науково-технічною задачею [1,2].

Аналіз досліджень і публікацій. Інформація автоматизированной системи енегопідрахунку ПАТ «Кривбасзалізрудком» по фідерам тягових підстанцій [3].

Постановка завдання. Підвищити енергетичну ефективність роботи тягового електроприводу можливо за рахунок використання енергії гальмування великовантажних кар'єрних самоскидів, застосувавши рекуперативне гальмування, як основний спосіб електричного гальмування. визначення енергетичних показників тягової підстанції в районі підстанції Ленинская-2, що обслуговує маршрути тролейбусів №3, 17 наукове обґрунтування і розробка методів розрахунку показників якості електроенергії, що дозволяють підвищити енергоефективність тягових підстанцій міських тролейбусів.

Для досягнення зазначеної мети в роботі необхідно розв'язати такі задачі:

Аналіз добових і місячних графіків активної та реактивної електроенергії тягової підстанції.

Розрахунок і аналіз енергетичних показників ефективності використання електроенергії: коефіцієнта реактивної потужності і втрат активної потужності в силовому трансформаторі.

Викладення матеріалу та результати. Втрати енергії в системі електропостачання електротранспорту сягають 25% загального обсягу електроенергії, що ним споживається. Технічний стан рухомого складу, що експлуатується, значно впливає на витрати електроенергії. На переборення рухомим складом опору його руху витрачається більше 30% загальних витрат електроенергії

Використання регульованого електроприводу змінного та постійного струму в сучасних тролейбусах дозволяє суттєво підвищити надійність їх роботи, комфортність перевезення пасажирів та забезпечити енергозбереження.

На тягових тролейбусних підстанціях використовуються випрямлячі постійного струму, який в подальшому використовується або для живлення двигунів постійного струму, або після інвертування для живлення двигунів змінного струму. В якості випрямлячів для тягових підстанцій міського електричного транспорту застосовується комплект з перетворювальної секції випрямляча серії В -ТПЕД виробництва ЗАТ «Плутон».

З метою аналізу енергоспоживання був проведений аналіз добових графіків активної і реактивної потужності тягової підстанції "Гвардійська". На отриманих за допомогою АСКУЕ REALNET графіків, спостерігаються ранішні, денні і вечірні максимуми навантаження, які пов'язані з рухом тролейбусів.

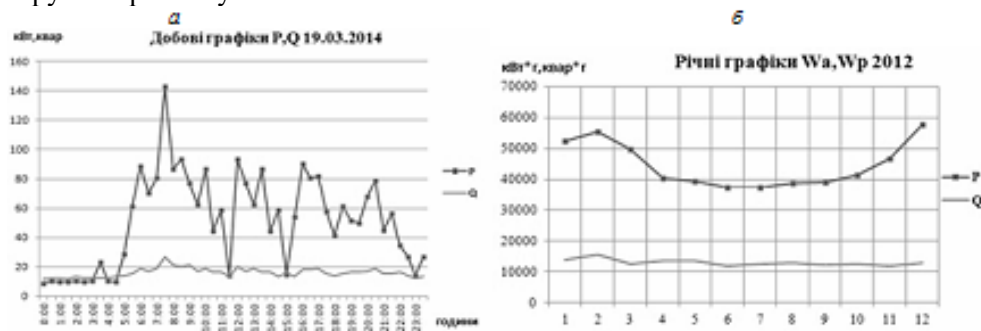


Рис. 1. Добові та річні графіки споживання активної та реактивної енергії відповідно

Встановлено зростання втрат холостого ходу у зимовий час, що пов'язано з використанням нагрівальних приборів у приміщенні тягової підстанції. Можна бачити наявність зростання інтенсивності руху тролейбусів у нічний час для перевезення пасажирів (2^{30} - 4^{00}).

Порівняльний аналіз річних графіків за 2012–2014 роки показав, що спостерігається зменшення у кожний місяць 2014 року у порівнянні з попередніми 2012 і 2013 роки. Це може бути пов'язано з використанням більш сучасних тролейбусів, оптимізацією їх руху, розробкою і впровадженням заходів з енергозбереження і таке інше

На річних графіках видно мінімальне споживання активної електроенергії у теплий час з квітня по вересень місяць і зростання її споживання у період з жовтня по березень місяць. Максимум споживання приходить на період з грудня по лютий місяць. На розрахованих графіках спостерігається зменшення споживання активної електроенергії у період з березня по вересень призводить до зменшення і втрат активної електроенергії. Але зміна втрат незначна через те, що перша складова, що визначається втратами в сталі, відносно постійна і значно більша ніж друга складова, яка визначається коефіцієнтом завантаження силового трансформатора. Цей коефіцієнт незначний і складає $k_3=0,026\pm 0,040$ через те, що трансформатор встановлений зі значним запасом по потужності. При експлуатації тролейбусів з тяговим електроприводом як постійного, так і змінного струму необхідно впроваджувати заходи з енергозбереження на основі енергоаудиту [5,6].

Висновки та напрямок подальших досліджень. У роботі здійснене дослідження енергетичних показників тягової підстанції тролейбусів КП «Міський тролейбус» Кривого Рогу.

Для дослідження використовувалася технічна документація на тягову підстанцію тролейбусів маршруту № 3,17, підключеної до знижувальної підстанції 154/6 кВ Ленінська - 2, та інформація автоматизованої системи енергообліку ПАТ «Кривбасзалізрудком», яка обслуговує п/с Ленінська -2. При аналізі також розглядалися розрахункові параметри коефіцієнта реактив-

ної потужності $\text{tg}\varphi$, що дозволяє зробити оцінку ефективності використання електроенергії тягової підстанції.

Найбільш суттєві наукові і прикладні результати, висновки і рекомендації полягають у наступному.

Встановлено, що добові графіки споживання активної і реактивної потужностей мають декілька інтервалів максимумів і мінімумів споживання електроенергії. Нічний мінімум пов'язаний з відсутністю руху тролейбусів і наявністю споживання трансформатором перетворювача потужностей холостого ходу.

Максимум споживання активною потужності спостерігається в ранішні часи перевезення пасажирів о 7:30. Ще три максимума мають місце - в 13:00, 16:00, 21:00, що обумовлено перевезенням робочих і дачників.

Коливання реактивної потужності відповідають коливанням активної потужності, ще пов'язано з залежністю активної і реактивної потужностей з струмом перетворювача підстанції.

Нічний мінімум активної і реактивної потужностей визначається втратами холостого ходу перетворювального трансформатора. Як видно з графіків, він становить близько 12 кВт і 10 квар відповідно.

Був проведений порівняльний аналіз добових графіків активної потужності тягової підстанції для різних пор року (19.03.2014, 18.06.2014, 17.12.2014). Встановлено, що мають місце більші амплітуди активної потужності в зимовий час, що може бути пов'язано як з більшою інтенсивністю руху тролейбусів, так із зростанням їх завантаження пасажирями.

Можна бачити зростання втрат холостого ходу у зимовий час, що може бути пов'язано з використанням нагрівальних приборів у приміщенні тягової підстанції. Можна бачити наявність зростання інтенсивності руху тролейбусів у нічний час для перевезення пасажирів (2:30 - 4:00).

На недільних графіках спостерігаються незначні коливання активної і реактивної електроенергії. Також видно незначне підвищення споживання електроенергії у вихідні дні, що пов'язано зі зростанням пасажиропотоку людей на дачні ділянки.

Були проаналізовані річні графіки активної і реактивної електроенергії за 2012 рік. На цих графіках видно мінімальне споживання активної електроенергії у теплий час з квітня по вересень місяць і зростання її споживання у період з жовтня по березень місяць. Максимум споживання приходить на період з грудня по лютий місяць. Реактивна потужність при цьому змінюється незначним чином.

Порівняльний аналіз річних графіків за 2012-2014 рр. показав, що спостерігається зменшення у кожний місяць 2014 р. порівняно з попередніми 2012 і 2013 роками. Це може бути пов'язано з використанням більш сучасних тролейбусів, оптимізацією їх руху, розробкою і впровадженням заходів з енергозбереження і таке інше.

При експлуатації тролейбусів з тяговим електроприводом як постійного, так і змінного струму необхідно впроваджувати заходи з енергозбереження на основі енергоаудиту.

Список літератури

1. Основи електричного транспорту: посібник для студ. вищ.навч.закладів/ під заг. ред. М.А. Слецова. – М.: Видавничий центр «Академія», 2006. – 464 с.
2. Константинов Б.А., Зайцев Г.З. Компенсация реактивной мощности. – М.: Энергоатомиздат, 1989,
3. Мокін Б.І., Розводюк М.П., Розробка розкладу руху електротранспорту // Вісник Вінницького політехнічного інституту, 2005. – №3 – С. 35-38.
4. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности в сложных электрических системах. М.: Энергоиздат, 1981, –197 с.
5. Електричне устаткування для «ASLOM TV PROGRES» транспортних засобів. Каталог родуції. – Прага: ASLOM industry, 2006, – 24с.
6. Носков В.И., Шпика Н.И., Стан та перспективи впровадження тягових електроприводів змінного струму. // Гідроенергетика України. – 2006. – №2. – С. 63-68.
7. Енергозберігаюча технологія народного господарства / Під ред. В.А. Венікова. Кн.2. Енергозбереження в електроприводі./ Н.Ф. Ільїнський, Ю.В. Рожанковський, А.О. Горнов. – М.: Висш. Шк., 1989, – 217 с.
8. Корягина Е.Е., Коськин А.А. Електроустаткування трамваїв і тролейбусів. Посібник для технікумів міського транспорту. – М.: Транспорт. 1982. – 296 с.
8. Литвинский Л.Б., Федорченко Н.Л., Федорченко Е.И. Энергосберегающие технологии на транспорте./ Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. Випуск 2/2008 (49). Частина 2. С.92-97.

9. Хворост М.В., Шпіка М.І., Бесараб А.І. Тяговий асинхронний електропривод для міського електротранспорту./Енергосбереження, енергетика, енергоаудит. – 2012, №3(97). С.7 – 10.

Рукопис подано до редакції 28.04.16

УДК 622.272:004.051

І.О. СІНЧУК, канд. техн. наук, доц., А.С. САМОХІНА, магістрант
Криворізький національний університет

ДО ПИТАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВИДОБУТКУ ЗАЛІЗНОЇ РУДИ ПІДЗЕМНИМ СПОСОБОМ

Напрями підвищення електроенергоефективності видобутку корисних копалин відомі, більш того, в останні 5-10 років їх кількість збільшилася. Однак, як правило, це відноситься до знову проєктованим або глобально переобладнаним гірничим підприємствам. Щодо діючих, то це проблема ще далеко не вирішена. Між тим, з огляду на те, що в найближчі 35 - 45 років будівництво нових залізрудних підприємств в Україні не планується, то саме в напрямку вдосконалення комплексу: системи електропостачання - системи електроспоживання діючих гірничорудних виробництв необхідно вести наукові дослідження. Викликано це, перш за все, факторами підвищення сегмента енерговитрат взагалі і електроенергозатрат, зокрема, в загальному обсязі собівартості видобутого ЗРС. Найбільш енергоємними споживачами електричної енергії залізрудних шахт і раніше є стаціонарні установки - водовідлив, вентиляція, підйом, компресорні - разом споживають понад 80% всієї електроенергії, споживаної шахтою. Особливо великі електроенергозатрати на вироблення стисненого повітря центральними компресорними станціями, які становлять близько 30% від всієї споживаної комбінатом електроенергії.

Ключові слова: енергоефективність, собівартість, оптимізація, потужність, енергія

Проблема та її зв'язок з науковими та практичними завданнями. В даний час в Україні обсяги видобутку ЗРС відкритим способом перевершують обсяги видобутку в шахтах. Однак зростання, а точніше відновлення обсягів виробництва товарної залізної руди підземним способом в вітчизняних шахтах, відбувається набагато більшими темпами, ніж в кар'єрах. Пов'язано це з тим, що для цього існує ряд визначальних цю тенденцію об'єктивних чинників [1] у т.ч те, що підземний спосіб видобутку, на відміну від відкритого - кар'єрного, характеризується досить щадним впливом на навколишнє середовище і високим вмістом заліза в сирій руді - до 62% на відміну від 37% кар'єрного. Це практично виключає необхідність енергоємного і трудомісткого процесу збагачення при підземному способі видобутку ЗРС.

Між тим, обом способам видобутку ЗРС, в силу природних причин (зниження рівня ведення гірничих робіт в області запроектованих значень), властива негативна і стійка тенденція збільшення енергоємності, видобутку ЗРС, яка в загальному сегменті собівартості ЗРС за останні 10 років становить близько 30% [1], а, отже, ускладнює і без того непросту тенденцію зростання вартості вітчизняного ЗРС, що, в свою чергу, ставить під сумнів конкурентоспроможність даного виду сировини на світовому ринку [1]. У свою чергу, як встановлено, близько 90% від загальних енерговитрат складають електроенергетичні, тобто завдання зменшення собівартості добувної ЗРС по суті зводяться до задачі зменшення або точніше оптимізації електроенергозатрат [2].

Аналіз досліджень і публікацій. Напрями підвищення електроенергоефективності видобутку корисних копалин відомі, більш того, в останні 5-10 років їх кількість збільшилася [3-5]. Однак, як правило, це відноситься до знову проєктованим або глобально переобладнаним гірничим підприємствам. Щодо діючих, то це проблема ще далеко не вирішена.

Між тим, з огляду на те, що в найближчі 35 - 45 років будівництво нових залізрудних підприємств в Україні не планується, то саме в напрямку вдосконалення комплексу: системи електропостачання - системи електроспоживання діючих гірничорудних виробництв необхідно вести наукові дослідження. Викликано це, перш за все, факторами підвищення сегмента енерговитрат взагалі і електроенергозатрат, зокрема, в загальному обсязі собівартості видобутого ЗРС.

Постановка завдання. Як показують результати досліджень реальними напрямками підвищення електроенергоефективності діючих залізрудних шахт є: модернізація систем електропостачання та оптимізація процесів електроенергоспоживання з можливістю адаптивного управління цим процесом [2].