

УДК 621.311.31

КОНЦЕПТУАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО СТВОРЕННЯ ФОРМОВАНИХ АВТОНОМНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

Ю. В. Зачепа

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: zip1981@ukr.net

Наведено теоретичні основи створення й практичні рекомендації ефективного функціонування автономних джерел енергопостачання як оперативних сформованих систем генерації енергії з електроустаткування й енергосилових установок іншого функціонального призначення, які направлені на забезпечення роботи промислових і комунальних об'єктів господарської діяльності в надзвичайних ситуаціях при відсутності стаціонарного енергопостачання, їх енергетичної стабільності, та побудованих шляхом комплексного поєднання механічної системи транспортного засобу з вихідним валом асинхронного двигуна, що працює в генераторному режимі. Рішення проблеми полягає в розробці та впровадженні програми формування локальних автономних джерел енергопостачання, які створюються в надзвичайних ситуаціях та комплектуються зі штатного електрообладнання, що знаходиться в постійній виробничій експлуатації місцевих підприємств чи установ. Автономне джерело енергопостачання формується в необхідний період, функціонує до припинення потреби в ньому, після чого проводиться його розкомплектація й повернення компонент у нормальні умови виробничої діяльності. Локальне автономне джерело енергопостачання формується тимчасово й не знаходиться на балансі окремого підприємства чи установи, як стаціонарна або мобільна електростанція. Витрати на створення локального джерела енергопостачання полягають лише в коштах на його формування та наступну розкомплектацію.

Ключові слова: система генерації енергії, локальне джерело електроенергії, сформоване джерело енергопостачання.

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЙ ПОДХОД К СОЗДАНИЮ ФОРМИРУЕМЫХ АВТОНОМНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ

Ю. В. Зачепа

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: zip1981@ukr.net

Приведены теоретические основы создания и практические рекомендации эффективного функционирования автономных источников энергоснабжения как оперативно сформированных систем генерации энергии по электрооборудованию и энергосиловым установкам другого функционального назначения, направленных на обеспечение работы промышленных и коммунальных объектов хозяйственной деятельности в чрезвычайных ситуациях при отсутствии стационарного энергоснабжения, их энергетической стабильности, и построенных путем комплексного сочетания механической системы транспортного средства с выходным валом асинхронного двигателя, работающего в генераторном режиме. Решение проблемы заключается в разработке и внедрении программы формирования локальных автономных источников энергоснабжения, создаваемых в чрезвычайных ситуациях и комплекующихся из штатного электрооборудования, находящегося в постоянной производственной эксплуатации местных предприятий или учреждений. Автономный источник энергоснабжения формируется в необходимый период, функционирует до прекращения потребности в нем, после чего проводится его демонтаж и возвращение компонента в нормальные условия производственной деятельности. Локальный автономный источник энергоснабжения формируется временно и не находится на балансе отдельного предприятия или учреждения, как стационарная или мобильная электростанция. Расходы на создание локального источника энергоснабжения заключаются только в средствах на его формирование и последующий демонтаж.

Ключевые слова: система генерации энергии, локальный источник электроэнергии, формируемый источник энергоснабжения.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Питання підвищення надійності систем електропостачання як складного розгалуженого кола генерації, перетворення, передачі енергії до споживачів на даний час набули особливої актуальності у зв'язку з усвідомленням того факту, що не тільки підприємства або окремі механізми, але й соціальна сфера суспільства виявляються вразливими при порушеннях схемного або системного характеру навіть невеликої тривалості. Недооцінка цієї обставини вже призвела до низки значних аварійних ситуацій різного характеру в регіонах країни. Ліквідація наслідків аварій у системах електропостачання вимагає чималих витрат, людських і матеріальних ресурсів.

Вирішення цього питання не завжди може бути

виражене в будь-яких вартісних показниках. Зазвичай економія витрат на стадії проектування не виправдовує себе в процесі експлуатації й часто списується на випадковість або дуже малу вірогідність можливої події. Хоча витрати на резервування автономних джерел великі, проте вони виправдовують себе з економічної сторони, якщо береться до уваги вся гама наслідків при повному порушенні електропостачання навіть при досить малій вірогідності цієї події.

Гарантоване безаварійне електропостачання для більшості підприємств може бути практично нездійснене через значні капітальні витрати при технічній реалізації тих або інших рішень. Аналіз питань, пов'язаних із задачею аварійного живлення, показав,

що досить просте вирішення можливе при використанні оперативно-формованих джерел енергопостачання або локальних автономних джерел енергопостачання (АДЕ), які створюються з наявного електроукомплектування та енергосилових установок іншого функціонального призначення.

Хоча принципова можливість створення локальних АДЕ не викликає сумнівів, але невирішеними є питання технічного характеру, принципових схемних рішень, організаційних і технічних заходів, які забезпечать введення аварійного джерела за мінімальний час. Його тривалість, як вказувалося, залежить від заздалегідь виконаних заходів різного роду, проте не повинна перевищувати граничну величину, об'єктивно обґрунтовану для кожного підприємства або об'єкту.

Разом із розробкою принципових технічних рішень для створення того або іншого варіанту системи електропостачання важливо визначити мінімальний обсяг устаткування, монтажних робіт і т.ін., які необхідно передбачати та які б звели до мінімуму підготовчі роботи при введенні в експлуатацію локальних АДЕ в реальних умовах.

При створенні й експлуатації локальних АДЕ необхідно брати до уваги чинники, які зазвичай не враховуються або враховуються частково у стаціонарних аварійних джерелах електропостачання. До них належить, по-перше, забезпечення широкого діапазону потужності споживачів, що підключаються до джерел електроенергії, які забезпечують гарантований пуск електричних двигунів. Особливо це актуально при прямому пуску асинхронних двигунів (АД) із короткозамкненим ротором співставної потужності. Пускові струми, які виникають при цьому, настільки великі, що напруга електрогенераторної установки без прийняття спеціальних заходів може зменшитися до значень, коли стійка робота як генератора, так і ввімкнених споживачів стає неможливою.

По-друге – це діагностування електричних двигунів, які отримують живлення від локальних АДЕ. У надзвичайних умовах робота двигунів може відбуватися з незначними пошкодженнями чи відхиленнями їх параметрів від паспортних даних. Відповідно, в такому випадку необхідне своєчасне виявлення ступеня пошкоджень АД, що дозволить уникнути їх розвитку, зменшити час відновлення, скоротити витрати на обслуговування, зменшити простої обладнання, підвищити ефективність роботи двигунів і виробничих механізмів, а також надати рекомендації щодо можливості використання того чи іншого АД як електрогенератора локального АДЕ.

По-третє, це забезпечення стабільної роботи споживачів електричної енергії з живленням від локальних АДЕ. Підвищені вимоги до статичних, динамічних та енергетичних показників роботи електродвигунів як основних споживачів електричної енергії призвели до широкого застосування системи регульованого електроприводу (ЕП), зокрема, частотно-регульованого ЕП. При цьому вирішальним чинником, який впливає на якість регулювання, є наявність точної інформації про поточні значення електромагнітних параметрів АД, оскільки в робочому режимі

параметри двигунів відхиляються від паспортних даних унаслідок фізичного старіння, що призводить до появи електричної та магнітної несиметрії двигуна. При цьому спостерігається значна втрата якості керування, знижуються показники енергетичної ефективності процесу електромеханічного перетворення енергії, суттєво збільшуються втрати й з'являються змінні складові електромагнітного моменту та споживаної активної потужності, що в умовах живлення від джерел обмеженої потужності вимагає розробки підходів щодо компенсації впливу несиметрії параметрів АД на динамічні та енергетичні характеристики систем ЕП.

Таким чином, комплексне дослідження вказаних особливостей створення локальних АДЕ, розробка технічних рішень щодо забезпечення статичної та динамічної стійкості роботи автономного джерела, реалізація режимів роботи споживачів із живленням від локальних АДЕ є актуальною науково-практичною задачею.

Підсумовуючи вищесказане, метою наукової роботи є аналіз проблематики, задач та принципів формування оперативних формованих джерел гарантованого безперебійного енергопостачання на основі електроукомплектування й енергосилових установок іншого функціонального призначення.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Несприятливий збіг кліматичних умов чи антропогенні обставини можуть призвести до створення надзвичайних ситуацій через системні порушення електропостачання об'єктів критичного призначення. Перш за все йдеться про різноманітні установи термінової медичної допомоги, тепломережі й системи водопостачання та водовідведення, тривала відсутність електропостачання яких може спричинити важкі чи навіть трагічні наслідки.

При плануванні дій відповідних підрозділів і служб у випадках широкомасштабного порушення електроживлення велика кількість таких об'єктів ставить певні економічні перешкоди в реалізації стандартних рішень щодо придбання та утримання на балансі установок резервного енергопостачання.

Рішення проблеми полягає в розробці та впровадженні програми формування локальних АДЕ, що створюються в надзвичайних ситуаціях та комплектуються зі штатного електрообладнання, що знаходиться в постійній виробничій експлуатації місцевих підприємств чи установ.

При цьому необхідно чітко розуміти, що

- локальне АДЕ формується персоналом відповідних організацій у період, який передуює аварії, протягом її розвитку або після закінчення її активної фази;
- комплектація локального АДЕ здійснюється з наявних та нормально функціонуючих на одному чи декількох виробництвах компонентів технологічного, електротехнічного та транспортного обладнання;
- регламентація дій персоналу щодо створення локального АДЕ забезпечує введення його в дію протягом декількох годин;
- локальне АДЕ формується в необхідний період, функціонує до припинення потреби в ньому, після чого проводиться його розкомплектація й повернен-

ня компонентів у нормальні умови виробничої діяльності;

– локальне АДЕ формується тимчасово й не знаходиться на балансі окремого підприємства чи установи як стаціонарна або мобільна електростанція;

– витрати на створення локального джерела енергопостачання полягають лише в коштах на його формування та наступну розкомплектацію.

У загальному випадку комплект обладнання локального АДЕ повинен мати енергосилову установку, енергогенеруючу установку та модуль зв'язку й керування.

Як енергосилову установку пропонується використовувати будь-який двигун внутрішнього згорання (дизель, карбюраторний, інжекторний), встановлений як рушійна сила на звичайних самохідних машинах (табл. 1). Остання умова забезпечує самохідне переміщення потрібної енергосилової установки та решти комплектуючих до місця формування й використання локального АДЕ.

Як електрогенеруюча установка використовується звичайний асинхронний електродвигун відповідної потужності та напруги, демонтований на період аварійної ситуації з некритичних виробництв.

Модуль зв'язку й управління повинен забезпечувати:

– взаємодію енергосилової установки з елементами системи електропостачання;

– перетворення генерованої електроенергії та синхронізацію її частоти й напруги відповідно до потреб користувачів, визначених для аварійного електропостачання;

– управління процесом перетворення й синхронізації;

– безпечне обслуговування сформованого локального джерела аварійного електропостачання.

Самохідні машини з електромеханічною трансмісією обладнані генератором, який використовується за його прямим призначенням, і тому відпадає необхідність у додатковій електрогенеруючій установці. Для машин із механічною трансмісією необхідна додаткова електрогенеруюча установка, відбір потужності до якої, залежно від їх конструктивних особливостей, здійснюється або з валу двигуна, або з вторинного валу коробки передач швидкості (КППШ) чи навіть із напівосі ведучого колеса.

Електрична потужність, яку можливо використовувати для аварійного електропостачання, визначається потужністю енергосилової установки й втратами в системі генерації електроенергії.

У табл. 2 наведено орієнтовні потужності, що отримуються при нормальній експлуатації енергосилових установок деяких самохідних машин. Нормальною вважається довготривала експлуатація енергосилової установки без побоювань виходу її з ладу через перегрів чи перевантаження. У форсованому режимі потужність може бути збільшена до 50 %. При визначенні номінальної потужності приймалися середньостатистичні значення коефіцієнтів корисної дії пристроїв електричного перетворення й механічної трансмісії.

Таким чином, електрична потужність, яку можливо використовувати для аварійного електропостачання, визначається потужністю енергосилової установки та втратами в системі генерації електроенергії.

Таблиця 1 – Технологічна схема створення локального АДЕ

	Тип первинного транспортного засобу	Вид системи узгодження	Вихідна потужність, кВт
1.			300–2200
2.		1 – транспортний засіб: тепловоз або великовантажний автомобіль; 2 – електрогенератор; 3 – перетворювач частоти; 4 – електромережа	350–1200
3.			70–200
4.		1 – транспортний засіб: вантажний автомобіль, легковий автомобіль, трактор; 2 – електрогенератор;	30–60
5.		3 – механічне спряження валу транспортного засобу з генератором; 4 – електромережа	30–120

Використання зазначених або будь-яких інших енергосилових установок забезпечується розробкою типових варіантів системних та апаратних рішень, орієнтованих на певні потужності.

Разом із розробкою принципів технічних рішень для створення того або іншого варіанту системи електропостачання важливо визначити мінімальний обсяг устаткування, монтажних робіт і т.ін., які необхідно передбачати й які б до мінімуму звели підготовчі роботи зі створення локальних АДЕ в реальних умовах.

Важливим показником таких джерел є час його формування, який не може бути більше того значення, при якому настає граничний стан об'єкту та подальша експлуатація повинна бути припинена через порушення правил техніки безпеки, неусувне відхилення заданих параметрів від установлених меж зниження ефективності експлуатації нижче допустимої, необхідності проведення середнього або капітального ремонту.

Перевага оперативно-формованих джерел аварійного енергопостачання або локальних АДЕ полягає в тому, що підприємство, установа чи організація не несуть суттєвих фінансових витрат на закупівлю резервної електростанції, потреба у функціонуванні якої виникає лише декілька днів або годин протягом року. Устаткування локального АДЕ є переважно технологічним устаткуванням підприємства або групи підприємств, пов'язаних єдиним планом ліквідації аварій, якщо такий план створюється за взаємною домовленістю й чіткою взаємодією, що дозволить звести до мінімуму час введення в експлуатацію локального АДЕ. Його можна визначити як інтервал часу від моменту подачі сигналу на формування дже-

рела живлення t_1 до моменту подачі напруги t_2 на енергоспоживання, що визначають життєдіяльність соціальних, побутових, комунальних та інших об'єктів.

Орієнтовний час введення в експлуатацію локального АДЕ при завчасному виконанні робіт з організації автономного резервного живлення складає:

$$\sum \Delta t_i = t_2 - t_1 \approx 2 \text{ год.}$$

Як видно з переліку робіт, деякі з них можуть проводитися паралельно:

- бригада електромеханіків і обслуговуючий персонал технічного засобу виконують роботи з комутації первинних силових кіл, підключення електромеханічного керуючого пристрою. Орієнтована чисельність бригади 5–6 осіб;

- бригада фахівців встановлює модуль зв'язку, забезпечує його живлення, програмує контролери перетворювача та системи керування режимами пуску потужних електроприводів. Орієнтована чисельність бригад 2–3 особи.

Налагоджувальні роботи, відповідно до розробленої концепції, зведені до мінімуму, оскільки вони виконуються в попередній до аварії період. Процентне відхилення за часом проведення операцій визначено наступним шляхом:

$$\delta t_1 \% = \frac{\Delta t_{ie} - \Delta t_{is}}{\Delta t_{is}} 100 ,$$

де Δt_{ie} – час виконання операції; Δt_{is} – середній час на виконання операцій, обумовлене як

$$\Delta t_{is} = \sum_{i=1}^{i=k} \Delta t_i / k , \text{ де } k - \text{кількість експертів, у про-}$$

понованому випадку $k = 5$.

Таблиця 2 – Орієнтовні значення електричної потужності локального АДЕ

Тип самохідної машини	Отримана потужність, кВт	Місце зняття потужності
ВАЗ–2103	14,5	Напіввісь
М–412	15,3	–/–/–
ГАЗ–24	22,0	–/–/–
ЗІЛ–130	38,4	–/–/–
КамАЗ–5511	46,8	КППШ
КрАЗ–6505	60,0	–/–/–
Дизель-електричний трактор	250	Генератор
Тягач «Ураган»	350	–/–/–

Склад та кількість експертів визначається за наступними критеріями:

- спеціальність – електромеханік, енергетик, електромонтажник;

- розряд – не нижче п'ятого;

- рід робіт, які виконуються експертом: виконання електромонтажних робіт – 1 особа; обслуговування систем електропривода в умовах енерголабораторій – 1 особа; обслуговування високовольтного устаткування – 1 особа; ремонт електроустаткування згідно з табл. 1 (тепловоз, вантажний автомобіль, трактор тощо) – 1 особа, обслуговування транспортних систем в умовах конкретної організації чи установи – 1 особа.

Оцінка оптимального варіанту досягається на

основі визначення показників ефективності капіталовкладень і нової техніки. Порівняльний аналіз проводиться для двох варіантів джерел живлення:

- варіант 1 – стаціонарного джерела живлення (СДЖ);

- варіант 2 – оперативно-формованого джерела живлення (локального АДЕ).

Прямий збиток від припинення подачі енергії:

$$Y = TPS_0 + Y_0 ,$$

де T – час тривалості аварії, год.; P – продуктивність, т/год.; S_0 – собівартість тони продукції, грн.;

Y_0 – збиток, викликаний виходом з ладу частини устаткування через витрати основних фондів при

тривалій перерві електропостачання ($t \gg T$, при $t \leq T$ $Y_0 = 0$), грн. Потужність джерел живлення повинна бути достатньою для забезпечення енергією планованих споживачів.

Порівняння варіантів аналізується за величиною витрат V_1 і V_2 .

Витрати за варіантом 1:

$$V_1 = S_1 + E_n K_1,$$

де S_1 – собівартість 1 кВт·год. електроенергії, виробленої автономним джерелом, грн.; K_1 – питомі капіталовкладення у виробничі фонди, грн.; E_n – нормативний коефіцієнт окупності капіталовкладень (приймається $E_n = 0,15$).

Величина капіталовкладень за варіантом 1:

$$K_1 = K_p + K_d + K_{do} + K_{bs} + K_{pk} + K_{in},$$

де K_p – капітальні витрати на придбання, грн.; K_d – витрати на доставку, грн.; K_{do} – витрати на додаткове устаткування для підключення джерела живлення, грн.; K_{bs} – витрати на будівництво споруджень (склад для палива, площадка для станції), грн.; K_{pk} – витрати на підготовку кадрів, грн.; K_{in} – інші витрати, передбачені варіантом 1, грн.

Собівартість 1 кВт·год. електроенергії, виробленої СДЖ, включає:

$$S_1 = S_{p1} + S_{tr1} + S_{mm1} + S_{ob} + A,$$

де S_{p1} – витрати на паливо для виробництва електроенергії, грн.; S_{tr1} – витрати на транспортування палива, грн.; S_{mm} – витрати на монтаж і налагодження, грн.; S_{ob} – витрати на оплату роботи обслуговуючого персоналу (у випадку, якщо обслуговування здійснюється основним персоналом, збільшується відсоток заробітної плати; величина надбавки визначається як частина від їх основної річної заробітної плати), грн.; A – амортизаційні відрахування, грн.

Витрати за варіантом 2:

$$V_2 = S_2 + E_n K_2,$$

де S_2 – собівартість електроенергії, грн.; K_2 – окремі капіталовкладення у виробничі фонди, грн.; E_n – нормативний коефіцієнт.

Собівартість електроенергії згідно з 2-им варіантом включає:

$$S_2 = S_{p2} + S_{tr2} + S_{mm2} + S_{ob} + A,$$

де S_{p2} – витрати на паливо, грн.; S_{tr2} – витрати на його транспортування, грн.; S_{mm} – витрати на монтаж і налагодження локального АДЕ, грн.; S_{ob} – витрати на обслуговування (розраховуються аналогічно варіанту 1), грн.; A – амортизаційні відрахування, грн.

Капіталовкладення визначаються:

$$K_2 = K_{su} + K_{bs} + K_{in} + K_Y,$$

де K_{su} – капітальні витрати на допоміжне обладнання системи узгодження транспортного засобу із системою електроживлення (комутаційні апаратури,

апаратури контролю та захисту, кабельна продукція), грн.; K_{bs} – витрати на будівництво споруджень (склад під паливо, площадки для станції), грн.; K_{in} – інші витрати, аналогічні варіанту 1, грн.; K_Y – частина капітальних витрат, що входить у складену систему локального АДЕ, грн.

Приведено порівняльний аналіз для трьох можливих варіантів створення АДЕ для живлення, наприклад, шахтного вентилятора з розрахунковою потужністю з регульованим напрямним апаратом – 315 кВт, а при регулюванні зміною частоти – 197 кВт:

– стандартна автономна електростанція типу ПАЕС–1250 (2500) виробництва Запорізького об'єднання «Мотор-Січ»;

– локальне АДЕ на базі маневрового тепловоза відповідної потужності з мотор-генераторним перетворювачем енергії;

– локальне АДЕ на базі маневрового тепловоза й транзисторного ПЧ на IGBT-транзисторах з напругою 660 В.

Станція ПАЕС забезпечує запуск потужного синхронного двигуна в режимі регулювання напруги живлення. При цьому потужності СД вентилятора й генератора ПАЕС практично рівні, причому синхронний генератор потужністю 1250 кВт є мінімальним за потужністю, що забезпечує запуск СД вентилятора ($P_{sd} = 1250$ кВт). Вартість електростанцій типу ПАЕС залежить від типу задіяного авіаційного двигуна й перебуває в межах 90–180 у.о./кВт. та вартості авіаційного гасу, що на даний час складає 13,0 грн/л.

У другому варіанті використовується мотор-генераторна група екскаватора ЕКГ–5 (екскаватор виведений із роботи через механічну зношеність). На залізничній платформі безпосередньо за тепловозом установлений агрегат: синхронний двигун МСЕ 321/6/6: $P_n = 425$ кВт; $I_{zn} = 120$ А; $U_{zn} = 65$ В; $\eta = 43$ %; генератор ПЕМ 141–4КР–2: $P_n = 425$ кВт; $U_n = 630$ В; $I_{zn} = 25$ А; $U_{zn} = 90$ В; збудження генератора здійснюється від бортової мережі тепловоза $U_n = 120$ В.

Додатковим устаткуванням для системи узгодження є:

– перетворювач напруги для живлення обмотки збудження генератора (транзисторний перетворювач постійної напруги $I_n = 30$ А; $U_n = 110$ В) – вартість 50 у.о./кВт;

– аналогічний перетворювач для живлення обмотки збудження синхронного двигуна $I_n = 120$ А; $U_n = 110$ В.

У третьому варіанті як додаткове устаткування приймається транзисторний перетворювач частоти фірми АВВ: $U_n = 650$ В; $I_n = 400$ А із питомою вартістю 115 у.о./кВт. Релейна частина узгодження за цим варіантом включає контролер для керування фірми FESTA із 48 вхідними контрольованими входами й 36 вихідними, у тому числі із шістьма регульованими аналоговими виходами.

Таблиця 3 – Економічні показники

Найменування витрат	Варіанти електроживлення (витрати в тис. у.о.)		
	ПАЕС	з тепловозом ТЕ-120 та мотор-генераторним пристроєм	з тепловозом та перетворювачем частоти
Капітальні витрати на придбання	125	–	–
Витрати на доставку	8,7	0,8	0,65
Витрати на допоміжне обладнання	–	19,95	5,05
Витрати на будівництво	9,3	–	–
Витрати на підготовку кадрів	0,6	0,6	0,6
Інші невраховані витрати (15 %)	21,54	3,2	0,95
Всього по варіанту (K_1 , K_2 , K_3)	165,14	24,55	7,25

Для визначення собівартості електроенергії, що буде вироблена установкою, приведено до однієї години їх роботи. Для цього необхідно знати, скільки палива потрібно для роботи установки протягом однієї години. При цьому врахуємо, що

– питома витрата палива газотурбінної установки $q_1 = 0,33$ кг/кВт·год.; дизельної установки тепловоза $q_2 = 0,25$ кг/кВт·год.;

– коефіцієнт корисної дії станції ПАЕС із урахуванням витрат енергії в синхронному генераторі й на власні потреби $\eta_1 = 0,89$.

Витрати електроенергії за варіантом 1 (за одну годину роботи):

$$\Delta P_1 = P_{v1} \frac{1}{\eta_1} = 315 \frac{1}{0,89} = 353,93 \text{ кВт.}$$

Витрата палива:

$$G_1 = \Delta P_1 q_1 = 353,93 \cdot 0,33 = 116,8 \text{ кг/год.}$$

Витрати електроенергії в другому варіанті при роботі двигуна вентилятора на зниженій частоті:

$$\Delta P_2 = P_{v2} \frac{1}{\eta_t \eta_{sd} \eta_g} = \frac{197}{0,8 \cdot 0,93 \cdot 0,928} = 284 \text{ кВт.}$$

Витрати дизпалива при роботі тепловоза:

$$G_2 = \Delta P_2 q_2 = 284 \cdot 0,258 = 73,54 \text{ кг/год.}$$

Витрати електроенергії при третьому варіанті узгодження:

$$\Delta P_3 = P_{v2} \frac{1}{\eta_t \eta_{pch}} = \frac{197}{0,8 \cdot 0,98} = 251,2 \text{ кВт.}$$

Витрати палива:

$$G_3 = \Delta P_3 q_2 = 251,2 \cdot 0,258 = 64,82 \text{ кг/год.}$$

Витрати в у.о. на виготовлення 1 кВт·г електроенергії без обліку інших статей (прямі витрати) при вартості дизпалива $a_{DT} = 16,73$ грн/л = 19,45 грн/кг і гасу $a_K = 16,25$ грн/кг:

$$C_{PL1} = a_K G_1 = 16,25 \cdot 116,8 = 1898 \text{ грн} = 78,49 \text{ у.о.};$$

$$C_{PL2} = a_{DT} G_2 = 19,45 \cdot 73,54 = 1430,35 \text{ грн} = 59,15 \text{ у.о.};$$

$$C_{PL3} = a_{DT} G_3 = 19,45 \cdot 64,82 = 1260,75 \text{ грн} = 52,14 \text{ у.о.}$$

Витрати на транспортування палива врахуємо коефіцієнтом збільшення вартості ($K_c \approx 0,1$).

Тоді одержимо: $S'_{T1} = 86,34$ у.о.; $S'_{T2} = 65,07$ у.о.; $S'_{T3} = 58,19$ у.о.

Витрати на монтаж й налагодження врахуємо коефіцієнтом $\kappa = 0,14$ від первісної вартості системи.

У третьому варіанті варто врахувати витрати на програмування контролера $S_K \approx 4,3$ тис. у.о.

Амортизаційні відрахування у всіх трьох варіантах приймаються рівними 0,125 від первісної вартості устаткування.

Тоді витрати в першому варіанті при роботі агрегату протягом розрахункового часу $t = 120$ год.:

$$S_1 = 100 S'_{T1} + (0,14 + 0,125) 165,14 = 52,35 \text{ тис. у.о.}$$

Для другого та третього варіантів:

$$S_2 = 100 S'_{T2} + (0,14 + 0,125) 24,6 = 12,9 \text{ тис. у.о.};$$

$$S_3 = 100 S'_{T3} + (0,14 + 0,125) 7,18 + S_K = 12,02 \text{ тис. у.о.}$$

Наведені витрати до умовного часу експлуатації системи аварійного живлення:

$$V_1 = K_1 + S_1 + W_1 = 165,14 + 52,35 = 217,49 \text{ тис. у.о.};$$

$$V_2 = K_2 + S_2 + W_2 = 24,55 + 12,9 + 9,27 = 46,72 \text{ тис. у.о.};$$

$$V_3 = K_3 + S_3 + W_3 = 7,18 + 12,02 + 7,3 = 26,5 \text{ тис. у.о.}$$

Стаття витрат W_i – вартість експлуатації транспортного засобу згідно з варіантом, якщо останній за договором береться з іншої госпрозрахункової організації.

У випадку, якщо транспортний засіб є власністю підприємства, на якому відбулася аварія, параметр W_i варто прийняти рівним нулю ($W_1 = 0$).

Виконаний аналіз зроблено у припущенні того, що збитки від перериву енергопостачання внаслідок аварії незначний. Тобто аналіз виконаний з урахуванням капітальних і експлуатаційних витрат.

Таким чином, із розрахунку й обґрунтування доцільності застосування локальних АДЕ випливає, що витратна частина при двигун-генераторному варіанті узгодження майже в п'ять разів нижча, ніж при використанні стандартної аварійної станції; при узгодженні з перетворювачем частоти витратна частина знижується ще приблизно у два рази.

ВИСНОВКИ. Таким чином, комплексне дослідження вказаних особливостей створення локальних АДЕ, розробка технічних рішень щодо забезпечення статичної та динамічної стійкості їх роботи, реалізація режимів роботи споживачів із живленням від локальних АДЕ є актуальною науково-практичною задачею, розв'язок якої дозволить реалізувати програми реального енергоресурсозбереження в Україні.

ЛІТЕРАТУРА

1. Артамонов В.В., Маслов В.Е., Родькин Д.И., Солтус А.П. К вопросу создания формируемых источников аварийного электропитания // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – Кременчук, 2001. – Вип. 1. – С. 114–120.
2. Ахмад С.М.А.Р.Х. Оперативно формируемые источники автономного аварийного питания электродвигателей главных вентиляторных установок шахт: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.09.03. – Дніпропетровськ, 2002. – 22 с.
3. Ахмад С.М.А.Р.Х., Рогоза М.В. Технические и экономические аспекты организации формируемых источников энергопитания // Зб. наук. пр. «Проблеми створення нових машин і технологій». – Кременчук, 2000. – Вип. 2. – С. 152–154.
4. Зачепа Ю.В. Автономные системы электропитания на базе асинхронных генераторов, основные требования и структура // Електромеханічні і

енергозберігаючі системи. – Кременчук: КДУ, 2010. – Вип. 2/2010 (10). – С. 32–40.

5. Zobaa, A.F., Bansal, R.S. Handbook of Renewable Energy Technology. – Singapore: World Scientific Publishing Co Pte. Ltd, 2011.

6. Sioshansi R., Short W. Evaluating the Impacts of Real-Time Pricing on the Usage of Wind Generation // IEEE Trans. Power Syst. – Iss. 24/2009 (2). – PP. 516–524.

7. Marra E.G., Pomilo J.A. Induction generator based system providing regulated voltage with constant frequency // IEEE Trans. Ind. Electron. – Iss. 47/2000 (4). – PP. 908–914.

8. Zagirnyak M., Zacheпа Іu., Chenchevoi V. Estimation of induction generator overload capacity under connected direct current consumers // Acta Technica. – 2014. – Iss. 59 (2). – PP. 149–169.

CREATING CONCEPTUAL APPROACH TO FORMED AUTONOMOUS ENERGY SOURCES

Yu. Zachepa

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: zip1981@ukr.net

Purpose. Analysis of problems, objectives and principles of operational molded sources of guaranteed uninterrupted power supply from electrical and other energy-power installations functionality. **Methodology.** Theoretical foundations and practical recommendations creating effective functioning of autonomous energy sources, aimed at the provision of industrial and municipal facilities of economic activity in the absence of emergency stationary power, their energy stability. **Results.** The solution lies in the development and implementation of the program of formation of local autonomous energy sources produced in emergencies and regular set of electrical equipment is in continuous production operation of local enterprises or institutions. Stand-alone source of energy is generated in the required period, operating until the termination of the need for it, and then held his removal and return component in the normal conditions of production activity. Local autonomous source of power is generated temporarily and is on the balance of individual enterprises or institutions as a stationary or mobile power. Expenditure on the establishment of a local source of energy are the only means of its formation and subsequent dismantling. **Originality.** Is proposed independent source of electrical power form energy-power plants and other functionality that are created in emergencies and equipped with electrical existing staff and not on the balance of individual enterprises or institutions as stationary or mobile powerhouse. **Practical value.** Comprehensive research features create local autonomous energy sources, can realize real program of energy saving in Ukraine.

Key words: power generation system, local source of electricity, formed a source of supply.

REFERENCES

1. Artamonov, V.V., Maslov, V.E., Rodkin, D.I. and Soltus, A.P. (2001), "On the development of generated emergency power supply sources", *Visnyk KDPU, Naukovi pratsi KDPU*, Vol. 1, pp. 114–120. (in Russian)
2. Ahmad, S.M.A.R.H. (2002), "Intelligence sources formed autonomous emergency power electric main mine ventilator installations", *Abstract of Cand. Sci. (Tech.) dissertation*, 05.09.03, Dnipropetrovsk National Mining Academy, Ukraine. (in Russian)
3. Ahmad, S.M.A.R.H. and Rogoza, M.V. (2000), "Technical and economic aspects of the organization formed by power supply sources", *Zbirnyk naukovykh prats* [Problems of creation new machines and technologies], Vol. 2, pp. 152–154. (in Russian)
4. Zachepa, Yu.V. (2010), "The autonomous power supply system on the basis of asynchronous generators, basic requirements and structure", *Elektromekhanichni i energozberigayuchi sistemy*, Vol. 2, no. 10, pp. 32–40. (in Russian)

5. Zobaa, A.F. and Bansal, R.S. (2011), *Handbook of Renewable Energy Technology*, Sigapore, World Scientific Publishing Co Pte. Ltd.

6. Sioshansi, R. and Short, W. (2009), "Evaluating the Impacts of Real-Time Pricing on the Usage of Wind Generation", *IEEE Trans. Power Syst.*, Vol. 24, no. 2, pp. 516–524.

7. Marra, E.G. and Pomilo, J.A. (2000), "Induction generator based system providing regulated voltage with constant frequency", *IEEE Trans. Ind. Electron*, Vol. 47, no. 4, pp. 908–914.

8. Zagirnyak, M., Zachepa, Іu. and Chenchevoi, V. (2014), "Estimation of induction generator overload capacity under connected direct current consumers", *Acta Technica*, Vol. 59, no. 2, pp. 149–169.

Стаття надійшла 02.02.2016