

УДК 629.43

к.т.н., професор Рейцен Є.О., Сірош С.В.,
Київський національний університет
будівництва і архітектури

ОСОБЛИВОСТІ РОЗМІЩЕННЯ І ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ МІСЬКОГО ПАСАЖИРСЬКОГО ТРАНСПОРТУ У МІСТАХ УКРАЇНИ НА СУЧАСНОМУ ЕТАПІ

Розглянуто проблеми, при розміщенні об'єктів міського електротранспорту, їх проектуванні та будівництві; структуру енергетичних систем міського пасажирського транспорту; методи розрахунку тягових мереж; проблеми відведення земельних ділянок під будівництво енергосистем МПТ та недоліки в законодавчій базі України.

Ключові слова: тягова підстанція, контактна мережа, міський електричний транспорт (MET), рекуперативне гальмування, сервітут, телемеханічна система управління, Система SCADA RTEC.

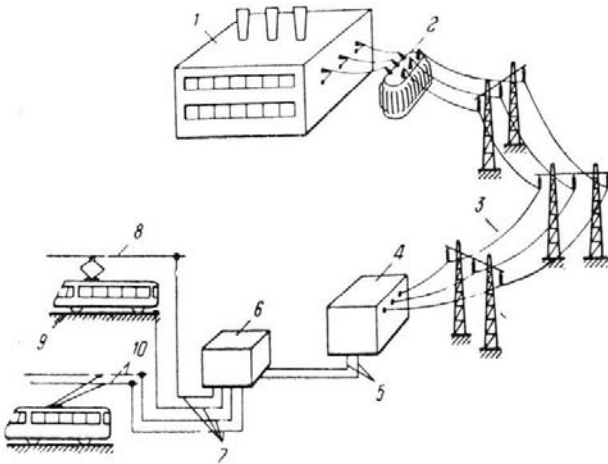


Рис. 1. Загальна схема електропостачання трамвая та тролейбуса.

1 – Електрична станція; 2 – трансформатор; 3 – лінія електропередачі; 4 – понижуюча підстанція; 5 – кабелі змінного струму напругою 6-10 кВ; 6 – тягова підстанція; 7 – живлячі кабельні лінії; 8 – контактний провід трамвая; 9 – рельси; 10 – контактний провід тролейбуса.

Для того, щоб вирішити задачу місця розташування тягових підстанцій, необхідно мати наступні дані: точний план міста, для можливості вибору території під розміщення тягових підстанцій і можливих схем прокладання високовольтних і низьковольтних кабелів; розміщення первинних джерел

живлення; схему мереж міського електричного транспорту, місце розміщення депо МЕТ; тип рухомого складу; графік руху (число пар потягів за годину) в періоди інтенсивного руху; інші додаткові дані, як, наприклад, наявність рекуперативного гальмування; розміщення підземних магістралей, які потребують захисту від блукаючих струмів [1]. Загальна схема електропостачання трамвая і тролейбуса наведена на рис. 1 [2].

В даний час в Україні 46 міст надають послуги по перевезенню населення тролейбусним транспортом, 24 – трамвайним, і 3 міста – метрополітемом. На сьогодні в м. Києві експлуатується 19 трамвайних маршрутів, загальною протяжністю транспортної мережі в одноколіїному обчисленні 397,8 км; 39 тролейбусних маршрутів, загальною протяжністю транспортної мережі в одноколіїному обчисленні 699,8 км; 51 станція метро, загальною протяжністю ліній 66,4 км.

Енергоживлення електротранспорту м. Києва здійснюється за допомогою 93 тягових підстанцій, з середніми радіусами обслуговування 5,9 км. Довжина маршрутної мережі, що припадає на одну тягову підстанцію:

- для трамвая: $397,8 : 93 = 4,28$ км/ТП;
- для тролейбуса: $699,9 : 93 = 7,53$ км/ТП

Маючи довжину транспортної мережі електротранспорту м. Києва, визначимо скільки її припадає на одну тягову підстанцію: $(397,8 + 699,9) : 93 = 11,80$ км. Отже, радіус обслуговування $R = 11,80 : 2 = 5,90$ км.

Для збереження електроенергії транспортом, використовують **рекуперативне гальмування** – процес перетворення кінетичної енергії руху потягу, в електричну енергію тяговими електродвигунами (ТЕД), які працюють в режимі генератора. Вироблена електрична енергія повертається в контактну мережу (на відміну від реостатного гальмування, під час якого вироблена електрична енергія гаситься на гальмівних резисторах, тобто перетворюється в тепло і розсіюється системою охолодження). Рекуперативне гальмування використовується при підгальмовуванні потягу в тих випадках, коли він їде по незначному затяжному схилу вниз і застосування повітряного гальмування недоцільне. Цей вид гальмування дає можливість значно заощадити електроенергію, оскільки вироблена електрична енергія повертається в контактну мережу і може бути використана іншими локомотивами на даній ділянці контактної мережі. В основному, рекуперативним гальмуванням оснащуються електротранспорт на постійному струмі – це пояснюється простотою перемикання ТЕД в режим генератора.

На основі наведених вище даних, визначається загальна максимальна споживана міським електротранспортом електроенергія $P_{\text{мах}}$. У відповідності з

планом міста (з дотриманням масштабу) на маршрути МЕТ наноситься рівнорозподілене навантаження від струмів, які споживають потяги.

При проектуванні необхідно використовувати найбільш економічні конструкції тягових підстанцій – типові, для яких вже розроблена конструкторська документація. В залежності від потужності і числа монтуємих на ТП агрегатів, варіантів розміщення підстанцій може бути декілька. Якщо потужність ТП дорівнює $P_{\text{тп}}$, то число підстанцій, необхідне для живлення МЕТ:

$$N_{\text{тп}} \geq (P_{\text{max}} / P_{\text{тп}}) + 1. \quad (1)$$

Тут збільшення чисельності підстанцій на одну викликано необхідністю створення резерву для роботи МЕТ у випадку виходу з ладу однієї з підстанцій.

Коли встановлена чисельність підстанцій, план навантажень ділять на рівноцінні по навантаженню площі і на кожній ділянці знаходять центр тяжіння навантажень. В центрі тяжіння навантажень чи як найближче до нього, як це дозволяє план міста, слід розмістити тягову підстанцію. Після того як визначено місце розміщення підстанцій, проводиться трасування прокладання високовольтних живлячих ліній (кабелів) високої напруги від джерел живлення і проводиться секціонування контактної мережі. У всіх випадках секціонування контактної мережі слід виходити з положення, що більш доцільнішим являється двостороннє живлення ділянок. Кожна ділянка контактної мережі повинна бути прорахована на втрату напруги в нормальному режимі, а далі – у вимушеному. Якщо необхідно, то зменшують довжину ділянок шляхом додавання живлячої лінії, або переходять на варіант з більшою кількістю тягових підстанцій, якщо кількість ділянок виходить недопустимо великою. З урахуванням тих обставин, що число типових тягових підстанцій МЕТ відносно невелике, отримують незначне число варіантів розміщення ТП, тобто варіантів електропостачання, які порівнюють між собою. Для варіанту з мінімальною типовою потужністю тягової підстанції отримують найбільше їх число, що практично зумовлює використання системи децентралізованого живлення [1]. Остання, найбільш доцільна для міст, що розвиваються, так як така система легко вирішує питання подальшого розвитку МЕТ по мірі розвитку міст, а також створення вилітних ліній МЕТ (в Києві наприклад тролейбус №11 і трамвай №12).

На рис. 2 зображено схему навантажень, ділення на три ділянки по числу типових підстанцій, центри тяжіння навантажень, де розміщені тягові підстанції.

Для порівняння варіантів необхідно, щоб кожен елемент варіанту був вибраний оптимально з економічної точки зору. Це в першу чергу відноситься до правильного вибору перерізу живлячих кабелів і перерізу контактної мережі.

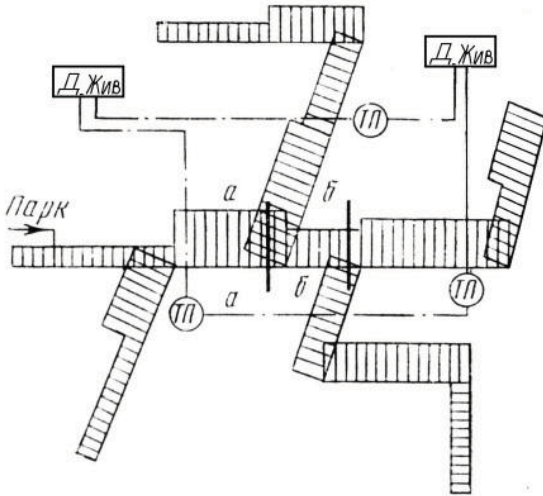


Рис. 2. Схема навантажень.

Але проблемою сьогодення постає розташування нових тягових підстанцій, як внутрішньоміських маршрутів, так і вилітних (наприклад тролейбусний маршрут до Броварів) із-за різних видів власності на земельні ділянки.

Будь-яке будівництво потребує прав власності на земельну ділянку. Для будівництва підстанцій, ліній електропередачі та зв'язку, надаються переважно не сільськогосподарські угіддя або с.г. угіддя гіршої якості. Тягові підстанції, лінії електропередачі та зв'язку будуються головним чином вздовж шляхів, трас тощо. Державні організації, які зацікавлені в вилученні (викупі), виборі земельних ділянок, зобов'язані погодити із власниками землі умови їх вилучення (викупу).

Отже, для цього необхідно визначитись в якому місці необхідно розмістити об'єкт та встановити власника земельної ділянки.

На стадії оформлення земельних ділянок необхідно знайти всіх землевласників і погодити з ними місце розташування об'єктів проектування. В разі відмови хоча б одного землевласника в погодженні місця розташування приводить до зміни проекту та повторного перепогодження з усіма зацікавленими організаціями. А як свідчить досвід будівництва повітряних ліній, так воно і буває. Державні будівельні норми не передбачають викупу або відчуження всього коридору охоронної зони, бо вважається, що ділянки під проводами повітряних ліній електропередач можуть використовуватись під вирощування сільськогосподарських культур тощо. Тому викуп (вилучення) земельних ділянок під будівництво повітряних ліній електропередач

проводиться чітко під опорами, а охоронна зона, яка утворюється згідно з правилами охорони електромереж, не дозволяє будувати тут будівлі. В результаті перерахованих причин проекти трас можуть бути змінені на території цілого району, оскільки інший варіант проходження траси по тій місцевості неможливий – це призводить до збільшення затрат на проектування та оформлення земельних ділянок під будівництво енергоспоруд [5].

На жаль у земельному законодавстві немає жодних механізмів, які б дозволили чітко зрозуміти процедуру викупу або відчуження земель для суспільних потреб. Зараз під час оформлення земельних ділянок під будівництво об'єктів енергетики натикаєшся на нерозуміння населенням необхідності будівництва стратегічних об'єктів, які споруджуються для їх же енергозабезпечення.

Для відведення земельних ділянок під об'єкти енергетики необхідно розробити і узаконити спрощену процедуру викупу чи вилучення земельних ділянок. Це дозволить заощадити значні кошти при капітальному будівництві, застосувати надійні технічні рішення, за рахунок цього забезпечити енергобезпеку України.

Останнім часом в Україні прийняті нові закони і нормативні документи [3,6,7,8]. Одним з них є Закон України «Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів» який набув чинності 17.07.10 р. [3]. Він визначає правові та організаційні основи надання та використання земельних ділянок для розміщення об'єктів енергетики, а також дотримання особливого режиму земель спеціальних зон об'єктів енергетики (території навколо цих об'єктів) для безперебійного їх функціонування.

Земельні ділянки державної і комунальної власності надаються у власність та оренду для потреб енергетики за рішенням органів виконавчої та місцевої влади. Ділянки всіх форм власності можуть використовуватися під об'єкти передачі електроенергії шляхом встановлення земельних **сервітутів**. Розміщення об'єктів передачі електроенергії може здійснюватися на землях всіх категорій без зміни їх цільового призначення.

Законом виділено 5 категорій спеціальних зон об'єктів енергетики. Землі в межах спеціальних зон не вилучаються (викупуваються) у власників або користувачів, а використовуються з обмеженнями. Розміри деяких з них зазначені прямо в Законі, інших — встановлюються Кабміном.

Законом встановлюються також і права та обов'язки як підприємств електроенергетики, так і власників (землекористувачів) спеціальних зон. Останні мають право на відшкодування витрат, завданих виконанням планових та аварійно-відновлювальних робіт.

Але як зазначають деякі експерти [4], багато важливих моментів можуть так само залишитися невирішеними. Партнер Юридичної фірми ILF Ярослав Оникій, висловила думку про те, що Закон суперечить деяким нормам чинного законодавства: «При розробці закону не були враховані вимоги містобудівного та земельного законодавства України, а значить, він навряд чи зможе ефективно вирішувати проблемні питання енергоринку. Закон дозволяє використання земельної ділянки будь-якої форми власності для будівництва та експлуатації об'єктів енергетики шляхом встановлення земельних сервітутів. При цьому Земельним кодексом України передбачена державна реєстрація договору сервітуту в порядку, встановленому для державної реєстрації прав на нерухоме майно. Але Верховна Рада і Кабінет Міністрів до цього часу не прийняли нормативно-правових актів, необхідних для реалізації цього положення і сьогодні немає можливості для створення Державного реєстру прав на нерухомість. Зараз ведення держреєстру земель здійснюється відповідно до Тимчасового порядку ведення державного реєстру земель Держкомзему від 02.07.2003. Цей документ, на жаль, не врегулював процедуру реєстрації права користування чужою земельною ділянкою, що робить неможливим встановлення сервітутів».

Відкритим залишилося питання отримання дозволу на початок будівництва об'єктів енергетики. Порядок надання дозволу на виконання будівельних робіт для спорудження енергетичних об'єктів свідчить про те, що для здійснення будівництва необхідно дозвіл, що видається інспекцією Державного архітектурно-будівельного контролю. При цьому до переліку обов'язкових документів, що надаються в ДАБК, входить документ, який підтверджує право власності / користування земельною ділянкою або договір **суперфіцію** (особливе речове право на забудову земельної ділянки, що належить іншій особі). А ось договір земельного сервітуту відсутній, що однозначно поставить під сумнів правомірність використання земельної ділянки для будівництва об'єктів енергетики та електростанцій як об'єктів містобудування.

Варто, однак, зазначити важливий позитивний аспект закону для операторів енергетичного ринку. Згідно зі ст. 14 Закону, земельні ділянки державної і комунальної власності передаються в користування для потреб енергетики за рішенням виконавчої влади або місцевого самоврядування в порядку, встановленому Земельним кодексом.

При цьому в статті 134 Земельного кодексу України встановлено, що земельні ділянки державної або комунальної власності або права на них у разі будівництва та обслуговування лінійних об'єктів енергетичної інфраструктури

не підлягають продажу на конкурентних засадах (земельних торгах), що, звичайно ж, спрощує питання отримання земельної ділянки.

Крім будівництва нових тягових підстанцій постають питання по реконструкції чи модернізації існуючих.

На сучасному етапі заслуговує уваги застосування **телемеханічної системи управління тяговими підстанціями** [10]. З її допомогою, наприклад, можливо вирішити одну з головних задач – відмову від штату диспетчерів, цілодобово чергуючих на кожній з багатьох тягових підстанцій (ТП). Створюється централізований диспетчерський пункт (ЦДП), з якого здійснюється управління всіма ТП. Так як фізичні канали зв'язку з підстанціями відсутні, управління більшістю з них здійснюється по радіоканалу. В ТСУТП можна виділити 2 основних компоненти: Центральний диспетчерський пункт (ЦДП) і локальний комплекс (ЛК), який установлюється безпосередньо на тяговій підстанції. Інтерфейс користувача представляє собою комплекс, який складається з центральної схеми і схем підстанцій. Диспетчер має можливість оперативно керувати роботою підстанцій, здійснювати ввімкнення чи вимкнення комутаційного обладнання. Програма має захист від помилкових дій диспетчера. Всі дії диспетчера і зміни стану індикаторів на кожній підстанції вносяться в протоколи роботи ЦДП.

Крім цього існує **система управління тяговими підстанціями муніципального електротранспорту SCADA RTEC** [11], розроблена компанією SoftCom S.A., яка являється комплексним рішенням по забезпеченню муніципальних підприємств загальноміського електротранспорту сучасним АСУ ТП і вже діє в м. Кишеневі. Ця система дозволяє розробити, реалізувати і запровадити систему управління ТП, яка б відповідала вимогам швидкодії, надійності і безпеки, характерним для сучасних АСУ ТП. Тут за основу приймається тривірнева модель системної взаємодії: перший рівень – збір і попередня обробка аналогових і дискретних даних за допомогою обладнання, розміщеного безпосередньо на ТП; другий рівень – передача даних по технології DSL; третій – заключна обробка, зберігання і відображення інформації у чергового диспетчера. Система виконує задачу по організації управління лінійними вимикачами фідерів і високовольтними вимикачами. Розроблена система управління отримала назву. Основу першого рівня системи SCADA RTEC склала інтелектуальна шафа керування, забезпечуючи телекерування, збір дискретних телесигналів, і аналогових звітів телевимірів з об'єктів ТП, а також зв'язок диспетчера. Головна властивість системи – вимірювання струмів і напруги на фідерах живлення електротранспорту. На пульті оператора установлена робоча станція, оснащена двома моніторами, що дає можливість споглядати стан кожної ТП окремо і одночасно переглядати

загальний стан всіх підстанцій у виді зведеної інтерактивної схеми. Впровадження даної схеми підвищує економічну та технічну ефективність підприємства за рахунок зростання оперативності і якості управління; замінює фізично зношене і морально застаріле обладнання; знижує експлуатаційні затрати на обслуговування системи управління, обумовленої централізацією управління, гнучкістю конфігурацій і налаштувань апаратури; забезпечує надійний зв'язок між диспетчером та ТП; знижує затрати часу на керування ТП; дозволяє оперативно виявити аварійні ситуації на ТП і автоматизувати проведення протиаварійних заходів; збирати, накопичувати та обробляти статистичну інформацію стану обладнання ТП.

Висновок:

В Україні протягом останнього десятиріччя у роботі міського електротранспорту намітилась тенденція до зменшення обсягу перевезень пасажирів і погіршення показників якості та безпеки їх транспортного обслуговування. Це спричинено значним фізичним зносом об'єктів міського електротранспорту, зокрема рухомого складу (понад 90%); нерівними умовами конкуренції комунальних підприємств, що обслуговують електротранспорт, з приватними автоперевізниками; а також неповним відшкодуванням комунальним підприємствам вартості транспортних послуг, наданим ними пільговим категоріям населення. Обсяги пасажироперевезень в деяких містах зменшились майже у 2 рази, а рухомий склад – на третину. Як наслідок, скоротилась протяжність трамвайних колій та тролейбусних ліній.

В зв'язку з прийняттям в лютому 2011 року Закону України «Про регулювання містобудівної діяльності» необхідно відкоригувати і ув'язати з ним всі будівельні норми та інші документи, в яких регламентується питання транспорту, у тому числі вибір місця для розташування тягових підстанцій і їх модернізації. Повинна бути налагоджена чітка координація між плануванням землекористування і розвитком транспортної системи.

Література

1. Шевченко В.В., Арзамасцев Н.В. Энергоснабжение наземного городского электрического транспорта: Учебное пособие для студентов вузов. – М.: Транспорт, 1987. – 272 с.;
2. Афанасьев А.С. Тяговые сети трамвая и троллейбуса. Учебник для техникумов. М., Стройиздат, 1974 - 363 с. с ил.;
3. Закон України «Про землі енергетики та правовий режим спеціальних зон енергетичних об'єктів» № 2480–VI від 09.07.2010р.;
4. <http://news-realty.com/zakon-pro-zemli-energetiki/> ;

5. П.О. Шеберстов, Ю.В.Федотов «Відведення земельних ділянок під будівництво об'єктів енергетики» Енергетика та електрифікація. № 6-7 2009 рік. Спецвипуск;
6. Розпорядження КМУ № 330-р від 15.06.06р. «Про схвалення Концепції державної програми розвитку міського електротранспорту на 2006-2015 роки»;
7. Постанова КМУ від 29.12.06р. № 1855 «Про затвердження державної програми розвитку міського електротранспорту на 2007-2015 роки»;
8. ДБН В.2.3-18:2007 «Трамвайні та тролейбусні лінії. Загальні вимоги до проектування» Мінрегіонбуд України. Київ, 2008;
9. ДСТУ 3429-96 «Електрична частина електростанції та електричної мережі. Терміни та визначення» Київ. Держстандарт України, 1997;
10. Владимир Гольдфейн. Телемеханическая система управления тяговыми подстанциями. Стаття 1998, СТА.;
11. В. Чикликчи, Д. Сидоренко и др. Система управления тяговыми подстанциями муниципального электротранспорта SCADA RTEC. Стаття 2008, СТА.

Аннотация

В статье рассмотрено проблемы размещения электрических тяговых подстанций, их проектирование и строительство.

Ключевые слова: тяговая подстанция, контактная сеть, городской электрический транспорт, телемеханизированная система управления, Система SCADA RTEC.

Abstract

The article describes problems of the situation of the electric traction substations, their projecting and construction.

Key words: traction substations, the contact chain, urban electric transport, telemechanized management system, the System SCADA RTEC.