

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ЗОВНІШНЬОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ ЗАЛІЗНИЦЬ

Проведено системний аналіз схем зовнішнього електропостачання тягових підстанцій залізниць за період 1993-2011 роки та проектів схем на перспективу до 2016 року в умовах ринкової економіки і нормативних вимог електроенергетики України.

Проведен системный анализ схем внешнего электроснабжения тяговых подстанций железных дорог за период 1993-2011 годы и проектов схем на перспективу до 2016 года в условиях рыночной экономики и нормативных требований электроэнергетики Украины.

Основна електрифікація залізничного транспорту в Україні здійснена в 60-80 роки минулого століття, коли за рік вводилося в експлуатацію 500-600 км нових електрифікованих ліній. Державна програма електрифікації залізниць за період 1994-2004 роки передбачала електрифікацію 2148 км залізниць з доведенням об'ємів перевезень електротягою до 85 %. За період з 1994-2011 роки електрифіковано більш 1700 км експлуатаційної довжини залізничних ліній, полігон електрифікованих ліній збільшено на 21 % при цьому об'єм перевезень електротягою збільшився до 89,7 %.

Станом на початок 2012 року експлуатаційна довжина електрифікованих залізниць України складає 10089 км, з яких на однофазному змінному струмі 27,5 кВ 50 Гц електрифіковано 5327 км, на постійному струмі 3,3 кВ електрифіковано 4762 км. Доля електрифікованих ділянок від загальної експлуатаційної довжини залізниць складає 46,5 %, при цьому доля електротяги в загальному вантажообігу складає 90,5 %. За абсолютною довжиною електрифікованих залізниць Україна займає 10 місце серед країн світу і 6 – серед країн Європи. Зовнішнє електропостачання тягових підстанцій побудовано на базі класичних схем [1].

Тягове електропостачання в 2012 році здійснювалось від 295 стаціонарних тягових підстанцій, 81 змінного струму (в т.ч. 7 подвійного живлення), 207 постійного струму та 12 пересувних тягових підстанцій. З 307 стаціонарних та пересувних тягових підстанцій з терміном служби понад 30 років працюють 242 стаціонарних (79 % від загальної кількості) та 12 пересувних тягових підстанцій. В експлуатації знаходяться 11 стаціонарних тягових підстанцій з одним тяговим трансформатором та 13 пересувних тягових підстанцій які мають один ввід. Для забезпечення у повній мірі вагових норм, швидкостей руху та надійності електропостачання необхідно їх модернізувати з будівництвом зовнішнього електропостачання на умовах, передбачених для споживачів із електроприймачами категорії I, в першу чергу на вантажонапружених та перспективних швидкісних дільницях [2, 3].

Програма електрифікації залізниць України на 2011-2016 рр., наказ № 274-Ц від 10.06.2011 р. передбачає електрифікувати 1562 км залізничних колій на ділянках, які входять у відповідні напрями розмежування руху пасажирських і вантажних поїздів для впровадження швидкісного руху по п'яти залізницях: Південній, Одеській, Придніпровській, Південно-західній і Донецькій. Це такі ділянки:

- Полтава–Красноград–Лозова на напрямі основного коридору впровадження прискорених і швидкісних поїздів Львів–Київ–Полтава–Донецьк (пуск здійснено, не завершено будівництво зовнішнього електропостачання);

- Знам'янка – Волинська – Миколаїв–Херсон–Вадим–Джанкой на напрямі руху вантажних і пасажирських поїздів для створення другого електрифікованого ходу на південь в Крим і порти Чорного моря;

- Волноваха–Камиш–Заря–Запоріжжя на напрямі переважно вантажного руху для забезпечення перевезень сировини з регіону Кривого Рогу і Запоріжжя на металургійні підприємства Донецького регіону і Маріуполя;

- Фастів–Житомир–Новоград–Волинський, де електрифікація потрібна для відхилення руху вантажних поїздів з основного пасажирського коридору на ділянці Фастів–Козятин;

- Миколаїв–Колосовка як сполучна вітка з напрямом Долинська–Миколаїв–Херсон–Вадим–Джанкой для здійснення вантажних і пасажирських перевезень з Одеси на Крим і на північ країни.

- Ворожба–Суми–Люботин на напрямі Конопот–Люботин–Полтава і далі на Захід і Південь для розвантаження напряму Конопот–Дарниця–Київ і далі на Львів;

- Красноград–Новомосковськ для впровадження швидкісного руху на напрямі Київ–Дніпропетровськ.

З березня 2011 року по травень 2012 року встановлюються найвищі темпи електрифікації ділянок впровадження прискореного руху пасажирських поїздів Полтава–Красноград–Лозова Південної залізниці, експлуатаційною довжиною 176 км (розгорнута довжина 346,2 км). За цей період побудовано 4 стаціонарних тягових підстанції та ліній зовнішнього електропостачання на базі нових підходів [3] і проведена реконструкція стаціонарної тягової підстанції Лозова.

Електрифікація виконана на напругу 27,5 кВ змінного струму. Сумарне навантаження п'яти тягових підстанцій Південної залізниці складає 170 МВт, в тому числі: ТП Полтава – 40 МВт; ТП Карлівка – 25 МВт; ТП Красноград – 40 МВт; ТП Сахновщина – 25 МВт; ТП Лозова – 40 МВт.

Аналіз схем зовнішнього електропостачання тягових підстанцій залізниць за період 1993 – 2011 роки. За цей період було введено у роботу 23 тягові

підстанції, із них як стаціонарні згідно з проектами першочергово були побудовані та включені у роботу разом із введенням у експлуатацію контактної мережі тільки дві: Чернігів і Неданчічі. Решта дільниць включалися у роботу на базі пересувних тягових підстанцій, які поступово замінялися на стаціонарні. Це привело до того, що на сьогоднішній день у роботі знаходиться 12 пересувних підстанцій. Дані підстанції мають по одному трансформатору та живлення по 1 вводу, тобто заживлені по III категорії надійності. Експлуатація у такому режимі роботи приводить до зниження надійності дільниць електрифікації і допустима тимчасово та оправдана лише відсутністю обсягів фінансування та стислими термінами виконання електрифікації, що викликані різним ростом вартості дизпалива і необхідністю зниження експлуатаційних витрат за рахунок електрифікації.

В умовах необхідності ресурсозбереження, економії енергії і зниження витрат на будівництво нових електрифікованих ліній залізниць України в цей період найбільший ефект був досягнутий при впровадженні тягової мережі змінного струму 27,5 кВ із екрануючим і посилюючими проводами і подовженими міжпідстанційними зонами. При цьому досягається наступна економія: витрати на електрифікацію 1 км колії знижуються в 1,5–2 рази; витрати на споживану енергію знижуються від 2 до 6%; втрати енергії в тяговій мережі зменшуються в 1,5–1,8 рази в порівнянні зі звичайною тяговою мережею 27,5 кВ при однакових довжинах міжпідстанційних зон [2].

Загальний недолік схем зовнішнього електропостачання (ЗЕП) тягових підстанцій електрифікованих дільниць за період 1993–2011 років полягає в тому, що практично всі підстанції приєднувались до мереж 110 кВ обленерго, а ряд з них до таких мереж 110 кВ, які з'єднували різні енергосистеми. Паралельно працюючі мережі 110 кВ, 220 кВ, або 110 кВ, 330 кВ різномірні і передача потужності по них відбувається при пониженої економічності роботи мережі в цілому. Переатоки потужності по мережах 110 кВ від яких жив-

ляться тягові підстанції визивають великі втрати в електротягових мережах, особливо змінного струму ЕПП-27,5 кВ так як питомий опір електротягової мережі цієї системи менше чим звичайної 27,5 кВ [2-5].

Аналіз режимів роботи систем електричної тяги і ЗЕП показує, що переатоки потужності по тяговим мережам практично є на всіх дільницях. Експериментальні дослідження режимів роботи тягових підстанцій підтвердили наявність переотоків потужності на дільницях Жмеринка–Підволочиськ–Красне. Підстанції 330 кВ Тернопільська та Шепетівка мають з'єднання по електричній мережі 330 кВ, а також через мережу 110 кВ від якої живляться тягові підстанції дільниці Жмеринка–Підволочиськ–Красне. Так на рис. 1, а явно видно перевагу переотоків над електроспоживанням на тягу. Паралельно працююча електротягова мережа 27,5 кВ і мережа 110 чи 330 кВ різномірні і передача потужності по них відбувається при збільшеному значенні втрат активної потужності та енергії. З рис. 1, б слідує, що електроспоживання різних тягових підстанцій різко відрізняється по місяцях (при приблизно однаковому вантажообігу в ці місяці). Перехід до консольних схем живлення дозволив зменшити сумарне електроспоживання групи з п'яти підстанцій приблизно на 500 тис. квт·год на місяць, але надійність електропостачання тягових мереж знизилась. В той же час для енергосистем економічно виправданими можуть бути складні-замкнуті мережі (розподіл активних і реактивних навантажень економічніший при збереженні переотоків по мережі) і на теперішній час необхідно вводити диференційні тарифи при транзиті потужності по тяговим мережам [4-8].

ЗЕП дільниці Котовськ-Роздільна на нашу думку має зменшену надійність за рахунок консольного живлення тягової підстанції Чубовка від підстанції 330 кВ Котовськ. Переатоки потужності по тяговій мережі 27,5 кВ будуть завжди, так як через тягову мережу з'єднується тупикова лінія 110 кВ від підстанції 330 кВ Котовськ та мережа 110 кВ, яка має живлення від МГРЕС та підстанції 110 кВ Комінтерн.

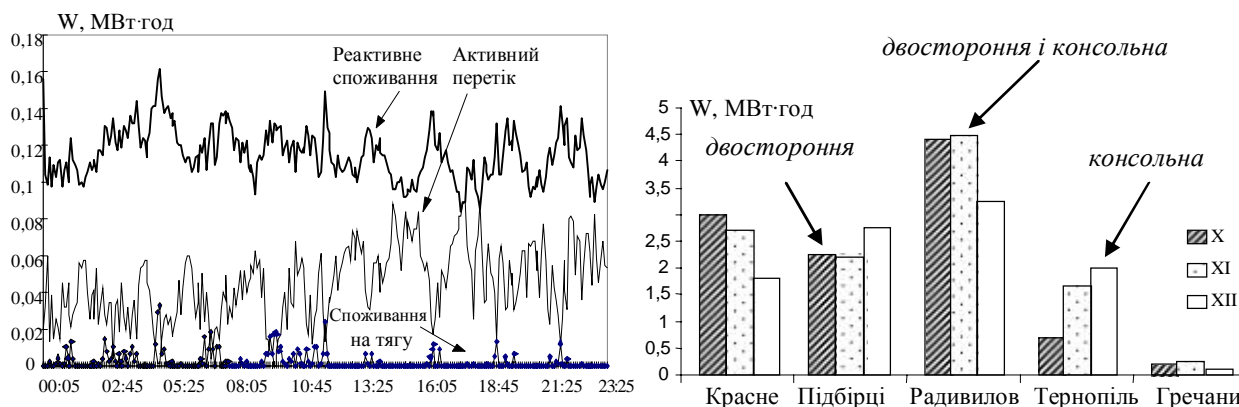


Рис. 1. Режими роботи електротягової мережі ЕПП-27,5 кВ:

а) витрати електроенергії ТП Тернопіль за 28.03.98;

б) витрати електроенергії підстанцій при різних схемах живлення за вересень-грудень 1998 р.

Проектні рішення ЗЕП Полтава–Красноград–Лозова враховують характеристики існуючого стану електричних мереж та поточкорозподілу активної і реактивної потужності в мережах з урахуванням на-

вантажень тягових підстанцій в характерних режимах роботи (рис. 2). Навантаження тягових підстанцій забезпечують ЛЕП 110 кВ АК "Харківобленерго" та ПАТ "Полтаваобленерго", які мають живлення від

Північної ЕС НЕК "Укренерго". Таким чином при включенні в роботу ТП Карловка великі перетоки потужності по тяговій мережі не прогноуються.

ЗЕП дільниці Полтава–Кременчук–Бурти Південної залізниці на сьогодні не є задовільним. Використання пересувної тягової ПС 110/27,5/10 кВ, джерелом електропостачання якої є ПС 330/110/35/6 кВ "Полтава" забезпечує тільки III категорію надійності. Необхідно в найкоротший термін ввести в роботу пересувну тягову підстанцію 150/27,5/10 кВ "Кременчук тяг.", джерелом електропостачання якої є ПС 330 кВ "Кременчук" Північної ЕС НЕК "Укренерго" та встановити компенсуючі пристрої на шинах ПС 150 кВ "Кременчук тяг." у відповідності з вимогами діючих директивних документів з проектування для забезпечення дотримання в точках спільного приєднання різних споживачів рівнів напруги та якості електроенергії відповідно до ГОСТ 13109-97 "Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення", або обґрунтувати недоцільність їх встановлення.

Аналіз проектних технічних рішень зовнішнього електропостачання тягових підстанцій нової електрифікації залізниць на період 2011-2016 роки. Відповідно до Національного плану дій на 2012 рік відносно впровадження Програми економічних реформ на 2010-2014 року "Спроможне суспільство, конкурентоздатна економіка, ефективна держава", затвердженого Указом Президента України від 12.03.2012 №187/2012 в розділі "розвиток транспортної інфраструктури" для залізничного транспорту передбачається виконання проектно-вишукувальних робіт і робочої документації для електрифікації наступних ділянок: Волноваха–Камиш–Заря–Запоріжжя, Долинська–Миколаїв, Колосівка–Миколаїв.

Системоутворююча мережа 330 кВ району електропостачання тягових підстанцій на дільниці Волноваха–Камиш–Зоря має конфігурацію двох кілець – північного та південного, які зв'язані між собою лінією 330 кВ Вуглегорська ТЕС – Макіївська – Чайкине (з резервуванням транзиту ПЛ 750 кВ Донбаська – П. Донбаська). Північне кільце має зв'язок з ПС 750 кВ Донбаська, південне – з ПС 750 кВ П. Донбаська. Карта-схема існуючої електричної мережі 110-750 кВ в південному районі Донецької області на період до 2015 р. наведена на рис. 3, а схема електричних з'єднань існуючої мережі 35-110 кВ Донецьких Західних ЕС ПАТ "Донецькобленерго" з урахуванням споруди тягових підстанцій в районі залізничної ділянки Волноваха–К. Заря Донецької залізниці – на рис. 4.

Електрифікація планується на постійному струмі напругою 3,3 кВ. Проектом передбачено побудову 4 тягових підстанцій загальною потужністю 18,7 МВт, в тому числі ТП Зачатьєвська – 4,3 МВт, ТП Хлебодарівка – 5 МВт, ТП Розовка – 5 МВт, ТП ОП 347 – 4,4 МВт. Джерелами електрозабезпечення, які знаходяться в районі проходження дільниці Волноваха – К. Зоря Донецької залізниці, є Кураховська ТЕС та Старобішевська ТЕС, а також підстанція 330/110 кВ Іванів-

ка. На підстанції 330/110 кВ Іванівка встановлено один автотрансформатор потужністю 200 МВА. ПС 330/110 кВ Іванівка зв'язана по мережі 330 кВ з Кураховською ТЕС лінією, яка виконана фазним проводом перерізом 2АС-400, довжиною 57 км, та з ПС 330/110 кВ Зоря (ПЛ 330 кВ виконана фазним проводом перерізом 2АС-400, довжина лінії – 59 км).

Для живлення тягових підстанцій та забезпечення електропостачання об'єктів залізниці передбачається збудувати ПС 110 кВ р-п Донецький, що належить ПАТ "Донецькобленерго" та ПС 330/110 кВ Іванівка, яка належить Донбаській енергосистемі НЕК "Укренерго".

У проекті для оцінки працездатності варіантів схеми ЗЕП виконані електричні розрахунки потужності активних і реактивних потужностей і рівнів напруги. Аналіз режимів роботи мереж 750 – 110 кВ, (надані Донбаською ЕС) в режимні дні 15.12.2010 р., 21.12.2011 р. показує, що переток по АТ 330/110 кВ ПС 330/110 кВ Іванівка складає 53/56 МВт, відповідно. Завантаження головної дільниці ПЛ 110 кВ Вугледар – Павлівка – р-п Донецький складає 11/8 МВт, відповідно. Напруга на шинах 110 кВ ПС 330/110 кВ Іванівка – 120/118 кВ, напруга на підстанції р-п Донецький на шинах 35 кВ – 38,5/ 39 кВ, на шинах 10 кВ – 10,6/10,6 кВ, відповідно.

Для літнього рівня навантажень нормальних режимів роботи мереж 750 – 110 кВ (надані Донбаською ЕС) в режимні дні 16.06.2010 р., 15.06.2011 р. переток через АТ 330/110 кВ на ПС 330/110 кВ Іванівка складає 30/52 МВт відповідно. Завантаження головної дільниці ПЛ 110 кВ Вугледар – Павлівка – р-п Донецький характеризується величиною 9,2/7,8 МВт відповідно. Напруга на шинах 110 кВ ПС 330/110 кВ Іванівка – 119/119 кВ, напруга на шинах підстанції р-п Донецький складає 38/38,5 кВ – на шинах 35 кВ, на шинах 10 кВ – 10,4/10,4 кВ відповідно.

Аналіз режимів роботи ЗЕП показав, що в нормальному і в усіх післяаварійних і ремонтно-аварійних режимах мережі рівні напруги, завантаження ліній електропередач і трансформаторів зв'язку знаходяться в межах нормованих значень. Таким чином можна зробити висновок про можливість енерго-ефективного приєднання нових тягових підстанцій. Сумарні укрупнені витрати в спорудження намічених тягових підстанцій для електрифікації ділянки Волноваха – К.Зоря Донецької залізниці і реконструкції діючих мереж ПАТ "Донецькобленерго" і Донбасівською ЕС, приведені в табл. 1.

Вартість нового будівництва ліній електропередач прийнята згідно нормативного документа Міністерства енергетики та вугільної промисловості України "Укрупнені показники вартості будівництва підстанцій напругою від 6 кВ до 150 кВ та ліній електропередач напругою від 0,38 до 150 кВ. Норми" СОУ-НМЕВ 45.2-37471933- 44:20И із застосуванням індексів зміни вартості на період 01.07.2012.

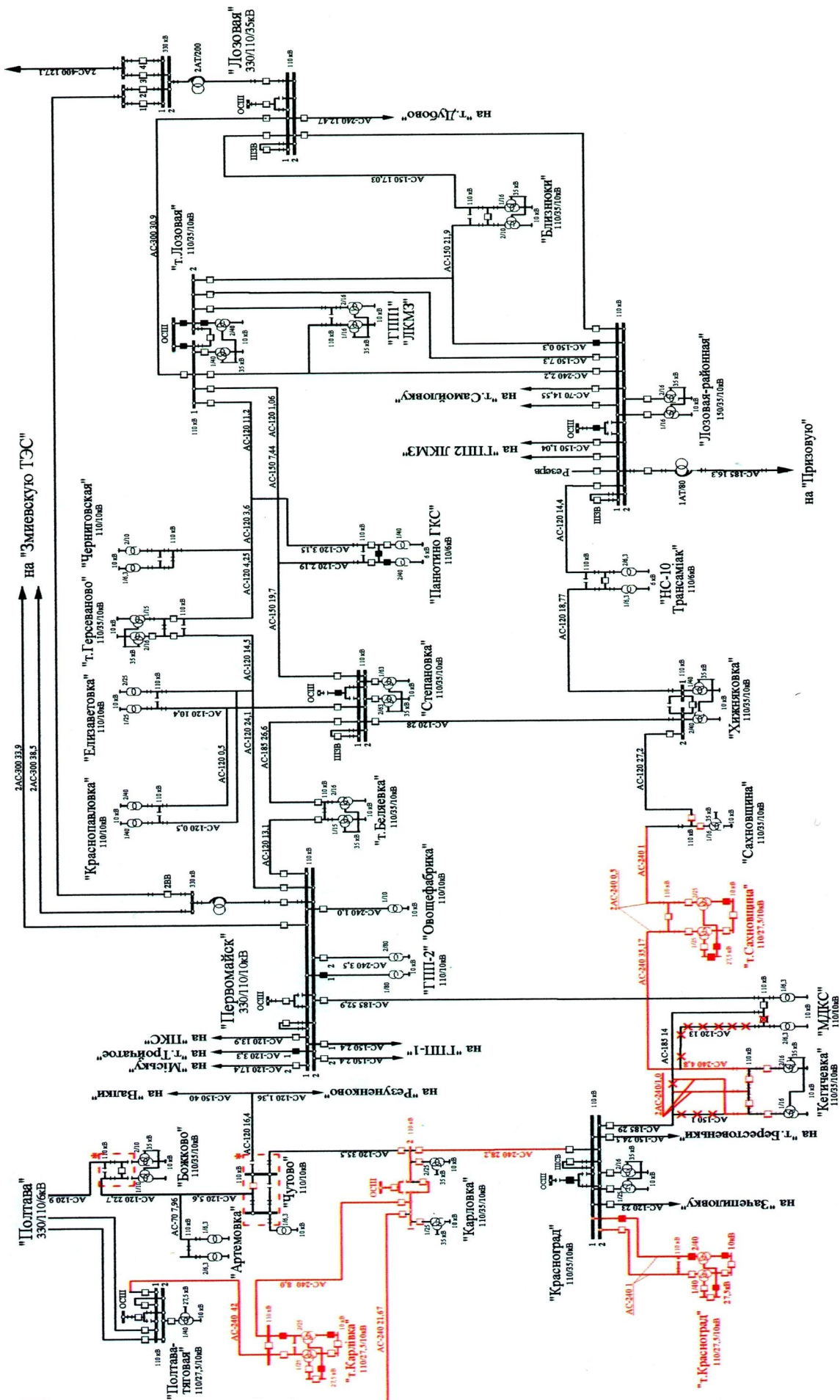


Рис. 2. Схема електричних з'єднань мереж 35 кВ та вище району електрифікованої ділянки Полтава – Красноград – Лозова

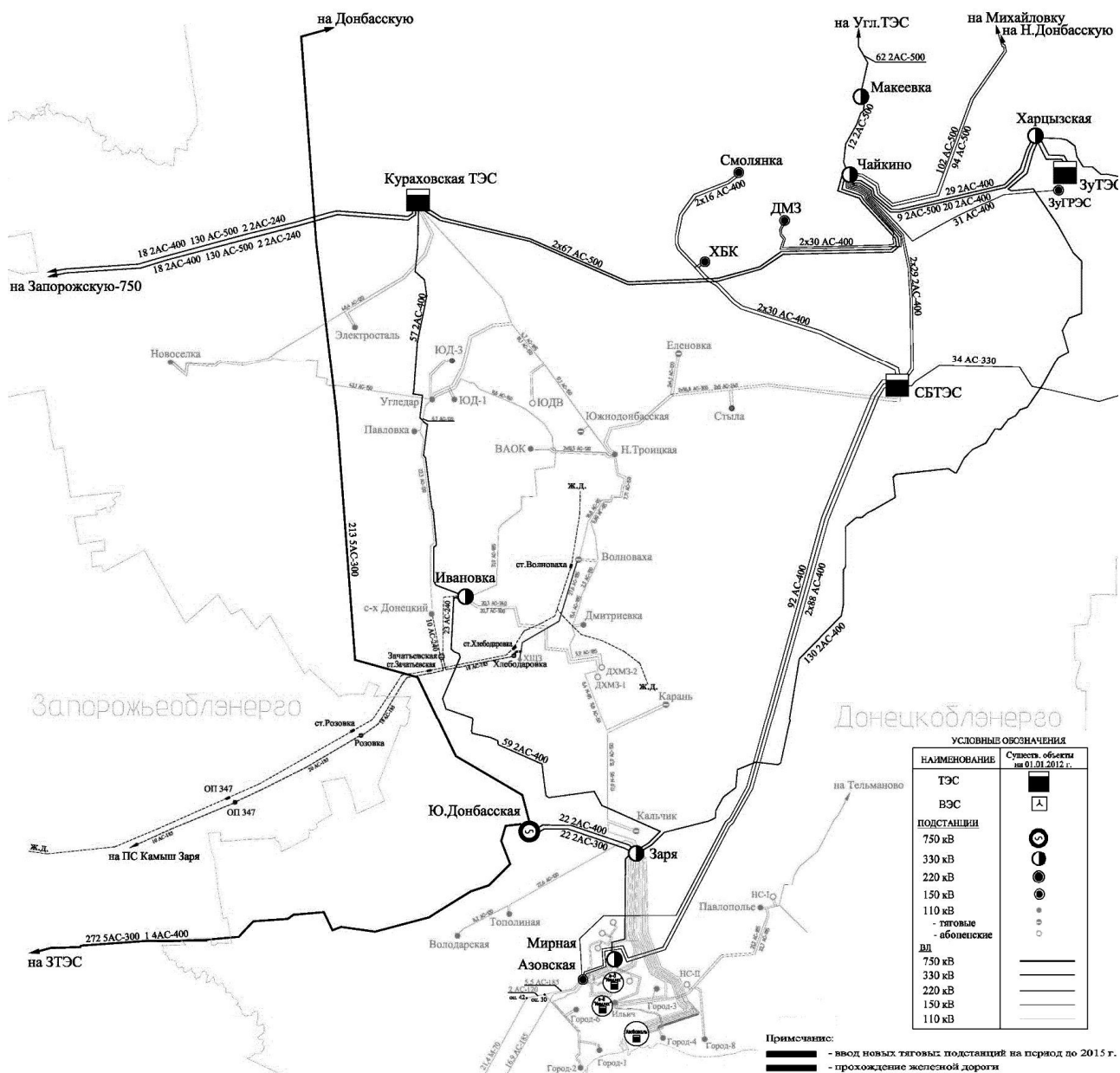
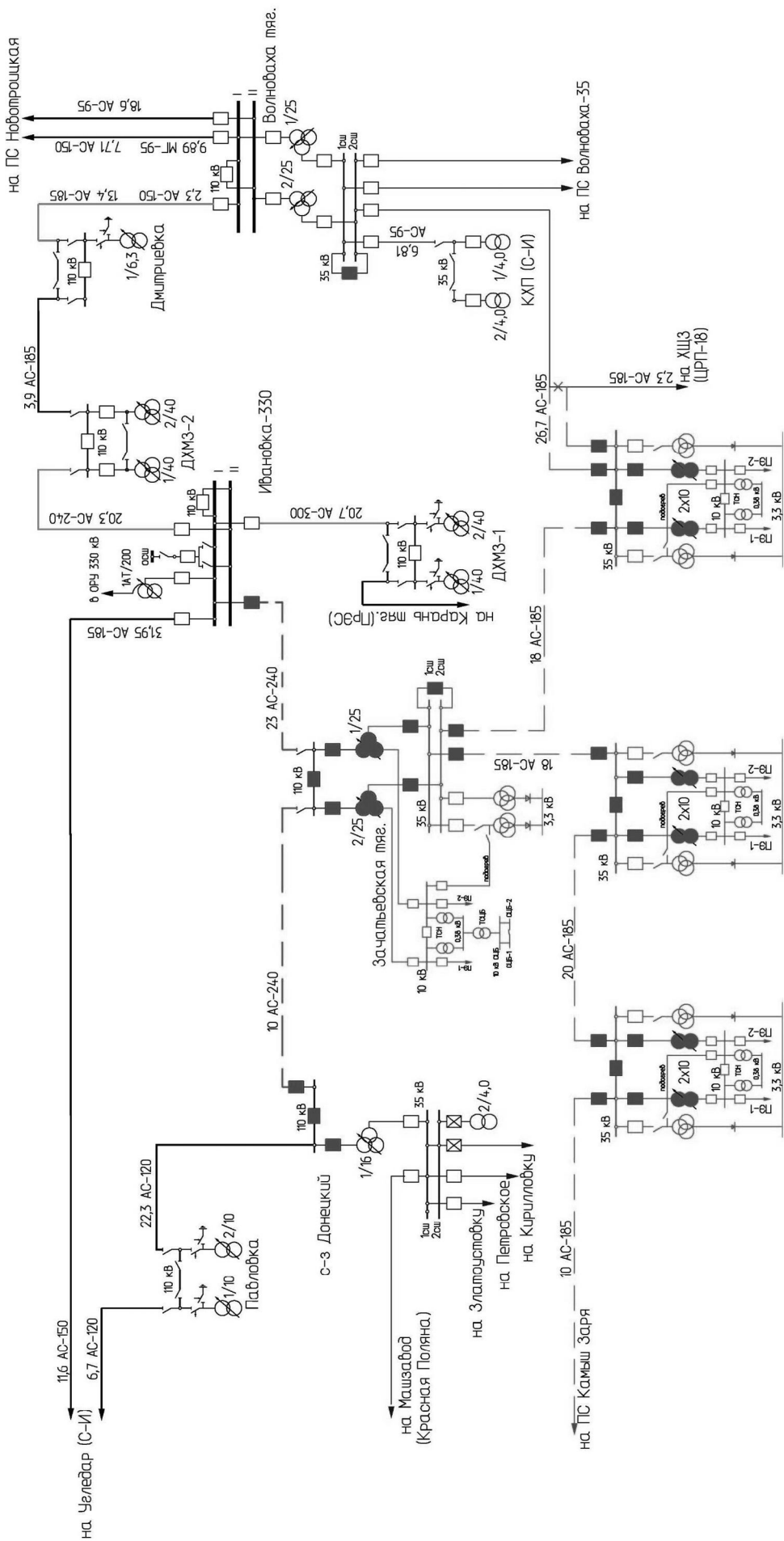


Рис. 3. Карта-схема электрических сетей 110-750 кВ в южном районе Донецкой области на период до 2015 г.

Таблица 1

| Наименования | Вариант 1, тис. грн. | Вариант 2, тис. грн. | Вариант 3, тис. грн. |
|--|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Спорудження об'єктів схеми ЗЕП, що належать Донецькій ж.д. | 331436,192 | 493565,192 | 571252,423 |
| Споруда і реконструкція об'єктів схеми ЗЕП, що належать Донецькій ЕС | 2827,077 | 2827,077 | 2827,077 |
| Споруда і реконструкція об'єктів схеми ЗЕП, що належать ПАТ "Донецькобленерго" | 48081,231 | 59389,531 | 38908,30 |
| Всього по вариантах | 382344,50 | 555781,80 | 612987,80 |
| Теж, в % | 100% | 145% | 160% |



Хлебодаровка п.г.г.

Розовка п.г.г.

ОП 34.7 п.г.г.

— сооружение объектов тяговых подстанций

Рис. 4. Схема электрических соединений существующей сети 35-110 кВ Донецких Западних ЕС ПАТ 'Донецькобленерго' з урахуванням споруди тягових підстанцій в районі залізничної ділянки Волноваха – К. Заря Донецької залізниці

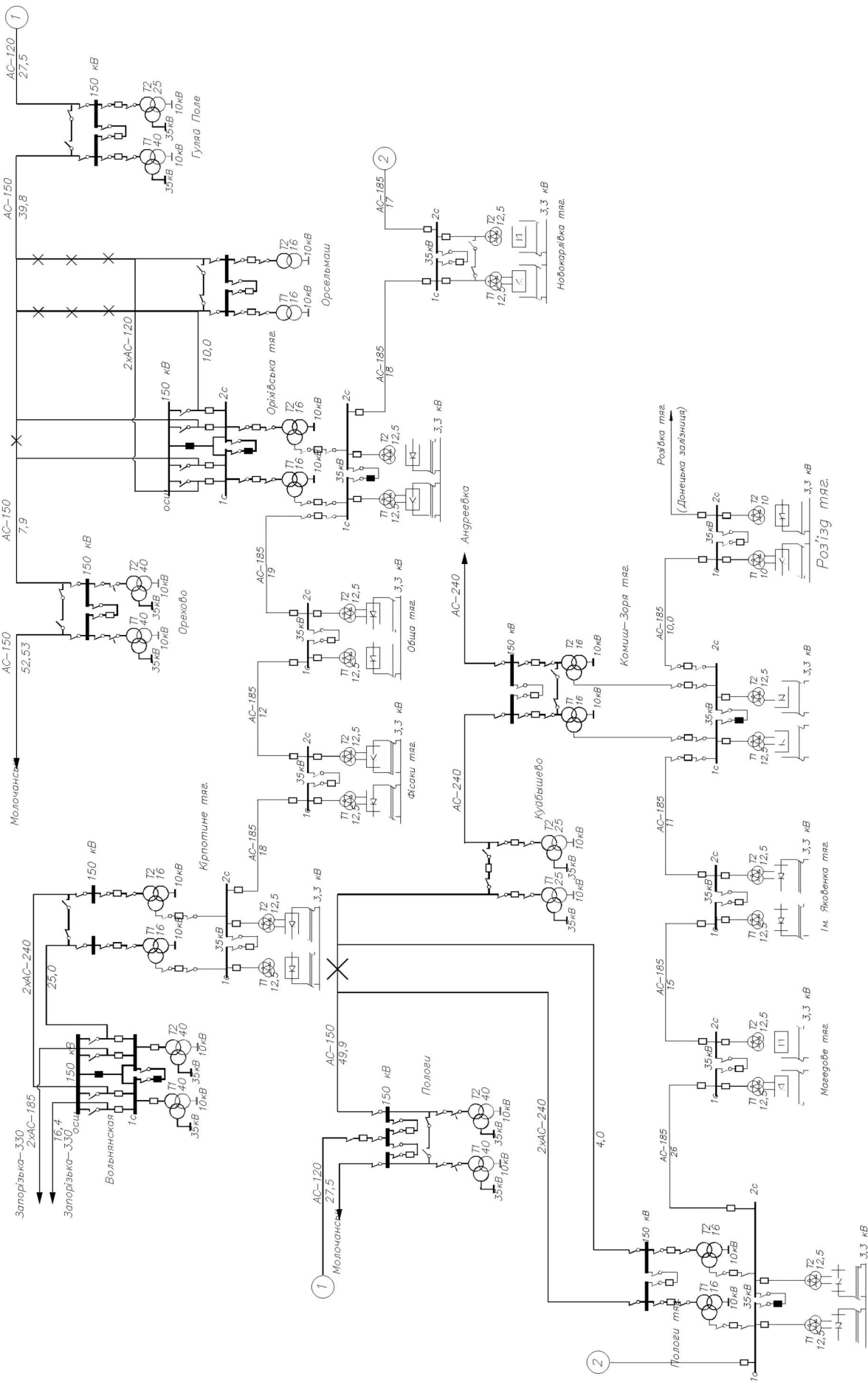


Рис. 5. Схема електричних з'єднань мережі 35 кВ та вище району електрифікуємої ділянки Запоріжжя - Комиш-Зоря

Електрифікація ділянки залізниці Запоріжжя–Комиш-Зоря дозволить перевести на електротягу вантажні перевезення сировини з Кривого Рогу й Запоріжжя на металургійні підприємства Донецького регіону і Маріуполя та водночас на чверть збільшити пропускну спроможність самої ділянки Запоріжжя – Пологи – Комиш-Зоря. Електрифікація планується на напругу 3,3 кВ постійного струму. Сумарне навантаження нових дев'яти тягових підстанцій Придніпровської залізниці складає 44,6 МВт в тому числі: ТП Кіпотине – 6,4 МВт; ТП Фісаки – 4,8 МВт; ТП Обща – 2,7 МВт; ТП Орхівська – 4,1 МВт; ТП Новокарлівка – 4,9 МВт; ТП Пологи – 6,7 МВт; ТП Магедове – 5,6 МВт; ТП ім. Яковенка – 4,8 МВт; ТП Комиш Зоря – 4,6 МВт.

Джерелами електропостачання району є підстанції 330 кВ "Дніпро-Донбас", "Запорізька", "Мелітопольська" та "Молочанська" Дніпровської ЕС НЕК "Укренерго". По всій довжині ПЛ 330 кВ (164 км), що пов'язує чотири зазначені підстанції змонтовано провід АС-300. При цьому довжина ПЛ 330 кВ "Молочанська – Мелітопольська" складає 62 км, "Дніпро - Донбас – Молочанська" – 94 км, "Запорізька 330 – Дніпро-Донбас" – 8 км. Згідно розробленої в НЕК "Укренерго" "Галузевої програми з реконструкції та модернізації магістральних та міждержавних електричних мереж на 2012-2016 рр." визначені вище ПЛ включені в програму модернізації та реконструкції в першу чергу.

На сьогодні чотири прохідні підстанції 150 кВ району проходження ділянки залізниці (Орхівська, Орсьельмаш, Гуляй Поле, Пологи) живляться від однофазового транзиту загальною довжиною 186,56 км, що підключений до різних систем шин 150 кВ опорної підстанції 330/150/35 кВ "Молочанська". Це свідчить про необхідність приведення існуючої схеми електричної мережі у відповідність вимогам нормативних документів для забезпечення надійного електропостачання як існуючих споживачів району, так і перспективних об'єктів I категорії залізниці. За результатами електричних розрахунків для нових ПЛ 150 кВ вибрано провід типу АС-240 згідно п.2.5.86 ПУЕ, а для ПЛ 35 кВ - провід типу АС-185.

Згідно рекомендованого варіанту передбачається наступне приєднання тягових підстанцій до мереж енергосистем (рис. 5):

- "Кіпотине тяг." на напругу 150 кВ з підключенням двома відгалуженнями від існуючої двофазової тупикової ПЛ 150 кВ Запорізька-330 – Вольнянська (Л-411, Л-412), що є лінією живлення підстанції 150/35/10 кВ "Вольнянська";

- "Фісаки тяг." на напругу 35 кВ з організацією РП 35 кВ за схемою 35-5 "одна робоча, секціонована вимикачем, система шин". Живлення "Фісаки тяг." передбачається однофазовою повітряною лінією від шин 35 кВ нової підстанції "Кіпотине тяг." та однофазовою повітряною лінією від шин 35 кВ нової підстанції "Обща тяг.";

- "Обща тяг." на напругу 35 кВ з організацією РП 35 кВ за схемою 35-5 "одна робоча, секціонована вимикачем, система шин" з живленням "Обща тяг." двома однофазовими повітряними лініями 35 кВ від нової підстанції "Фісаки тяг." та від ЗРП 35 кВ нової

ПС 150/35 кВ "Орхівська тяг.";

- "Орхівська тяг." на напругу 150 кВ і забезпечення її живлення за схемою "захід-вихід" від існуючої ПЛ 150 кВ "Орхівська-Орсьельмаш" (Л-451). Приєднання тягової підстанції за такою схемою можливе лише у разі зміни схеми живлення абонентської підстанції 150/10 кВ "Орсьельмаш";

- "Новокарлівка тяг." на напругу 35 кВ і забезпечення її живлення двома однофазовими повітряними лініями 35 кВ: від РП 35 кВ нової ПС "Орхівська тяг." і від РП 35 кВ нової ПС "Пологи тяг.";

- "Пологи тяг." на напругу 150 кВ і забезпечити її живлення за схемою "захід-вихід" від існуючої повітряної лінії 150 кВ "Пологи–Куйбишево";

- "Магедове тяг." на напругу 35 кВ з організацією РП 35 кВ за схемою 35-5 "одна робоча, секціонована вимикачем, система шин". Згідно з живлення "Магедове тяг." двома ПЛ 35 кВ: від нової ПС 35 кВ "Пологи тяг." та від нової ПС 35 кВ "ім.Яковенка тяг.";

- "Комиш-Зоря тяг." на напругу 150 кВ і забезпечити її живлення однофазовою повітряною лінією від існуючої ПС "Андреевка" та однофазовою ПЛ від існуючої ПС "Куйбишево".

Живлення підстанції 35 кВ "Фісаки тяг.", "Обща тяг.", "Новокарлівка тяг." та "ім.Яковенка тяг." передбачається по мережі 35 кВ від нових підстанцій 150 (35) кВ "Кіпотине тяг.", 150 (35) кВ "Орхівська тяг.", 150 (35) кВ "Пологи тяг." та 150 кВ "Комиш-Зоря тяг."

Доцільність живлення тягових підстанцій "Кіпотине тяг.", "Орхівська тяг.", "Пологи тяг." та "Комиш – Зоря тяг." по мережі 150 кВ, у зв'язку з необхідністю забезпечення I категорії надійності підтверджена електричними розрахунками при максимальних літніх та зимових навантаженнях 2011 року з урахуванням приєднанням тягових підстанцій. Усі виконані розрахунки післяаварійних режимів з урахуванням введення ПЛ 150 кВ "Кіпотине тяг. – Орхівська тяг." характеризуються допустимими режимними параметрами.

На підставі аналізу виконаних розрахунків усталених електричних режимів можна зробити висновки:

- організувати надійне живлення нових тягових підстанцій, без додаткового розвитку мережі 150 кВ району неможливо;

- враховуючи навантаження тягових підстанцій, а також природні навантаження споживачів району, визначений ВАТ "Запоріжжяобленерго", для компенсації дефіциту реактивної потужності у районі потрібно відновлення роботи пристроїв компенсації реактивної потужності типу БСК (або введення нових ПКРП) на існуючих підстанціях 150 кВ в обсязі 30 – 40 Мвар.

У даному варіанті передбачається виконання ЗРП 150 кВ нової підстанції "Орхівська тяг." за схемою 150-6 "одна робоча, секціонована вимикачем, і обхідна системи шин", ЗРП 150 кВ нових підстанцій "Пологи тяг." і "Комиш-Зоря тяг." – за схемою 150-4 "місток з вимикачами в колах трансформаторів і ремонтною перемичкою з боку трансформаторів". Схеми ЗРП 35 кВ усіх нових підстанцій 150/35 кВ та 35 кВ передбачається виконати за схемою 35-5 "одна робоча, секціонована вимикачем система шин".

Схема виконання ЗРП 150 кВ "Кіпотине тяг." за-

лежить від реалізації спорудження ПЛ 150 кВ "Кірпи-не тяг. – Орхівська тяг.". У разі спорудження цієї ПЛ необхідно передбачити ЗРП за схемою 150-6 "одна робоча, секціонована вимикачем, і обхідна системи шин".

Незалежно від прийнятого до реалізації варіанта ЗЕП тягових підстанцій ділянки "Запоріжжя - Комиш-Зоря", для забезпечення надійного електропостачання району та споживачів I категорії залізниці необхідно виконати реконструкцію ЗРП 150 кВ вузлової підстанції 150/35/10 кВ "Пологи" з приведенням до схеми 150-6 "одна робоча, секціонована вимикачем, і обхідна системи шин".

Аналіз режимів аварійної ситуації за умови одночасного відключення ПЛ 150 кВ "Молочанська – Орехово" (ЛІ-112) та "Молочанська – Пологи" (ЛІ-113) призводить до недопустимого зниження напруги в електричній мережі району, навіть у режимі мінімальних навантажень літа, що потребує введення значного обсягу обмеження споживачів регіону для підтримки напруги у допустимих межах.

Для забезпечення надійності електропостачання споживачів I категорії залізниці передбачено спорудження ПЛ 150 кВ "Андреевка – Комиш – Зоря тяг. – Куйбишево". Проте, основним джерелом живлення ПС "Андреевка", як і інших підстанцій району, залишаються шини 150 кВ опорної ПС 330/150 кВ "Молочанська".

Беручи до уваги вищезазначене, вважається за доцільне додатково приєднати електричну мережу району до іншого джерела живлення, а саме, до шин 150 кВ підстанції 330 кВ "Запорізька". З цієї метою пропонується спорудити ПЛ 150 кВ від нової ПС "Кірпи-не тяг." до нової ПС "Орхівська тяг." орієнтовною довжиною 53,6 км, тобто утворити транзит 150 кВ "Запорізька - Вольнянська - Кірпи-не тяг. - Орхівська тяг.".

Аналіз розрахунків режимів на перспективний період (2016 р. і 2021 р.) свідчить про необхідність відновлення роботи БСК, які встановлені на існуючих ПС 150 кВ "Гуляй Поле", "Пологи" і "Куйбишево", але у даний час виведені з експлуатації. Введення в роботу існуючих або нових пристроїв компенсації реактивної потужності величиною 30-40 Мвар потрібне для підтримки напруги в електричній мережі у зв'язку з прогнозованим ростом навантажень району. Виконаний комплекс розрахунків ремонтних (аварійних) режимів на перспективний період з урахуванням вищезазначених заходів показав, що струмове завантаження АТ, трансформаторів, ліній електропередач, а також рівні напруги в електричній мережі району знаходяться в межах допустимих значень.

Вартість робіт з реконструкції існуючих електричних мереж та нового будівництва з метою реалізації ЗЕП складає орієнтовно 262,05 млн. грн. Орієнтовна вартість робіт із спорудження ПЛ 150 кВ "Кірпи-не тяг. - Орхівська тяг." складає 64,3 млн. грн.

Створення другого електрифікованого ходу на південь в Крим і порти Чорного моря дуже важливо для економіки країни. На цьому напрямі планується використання найбільш сучасних технологій електропостачання – транспортно-енергетичних коридорів в полосі відчуження залізниць, що ефективно при спорудженні нових залізничних ліній в енергодефіцитних регіонах. З метою виконання вимог концепції схем-

них рішень ЗЕП тягових підстанцій найбільш ефективним є варіант приєднання тягових підстанцій "Херсон-тягова" та "Миколаїв-тягова" до ПС 330 кВ "Херсон" та "Миколаїв" відповідно за схемою: Миколаїв – Миколаїв-тягова – Херсон-тягова – Херсон.

При цьому варіанті врахована наступна інформація:

- ПС "Херсон-тягова", максимальне розрахункове навантаження якої складає 14,7 МВт, споруджується поблизу міста Херсон для електрифікації ділянки Миколаїв – Херсон Одеської залізниці. Введення навантаження підстанції передбачається до 2014 року;
- ПС "Миколаїв-тягова", розрахункове навантаження якої складає 19 МВт, споруджується у південній частині м. Миколаїв, введення навантаження підстанції планується в 2012 році;

Загальна протяжність транзиту 150 кВ Херсон – Херсон-тягова – Миколаїв-тягова – Миколаїв становить 119 км. Схема приєднання підстанцій наведена на рис. 6. Розрахунок нормальних та післяаварійних режимів роботи мережі регіону з урахуванням навантаження тягових підстанцій у період максимальних зимових навантажень 2015 року показує, що в аварійних режимах при відключенні двох АТ 330 кВ на ПС "Херсон" та двох АТ 330 кВ на ПС "Миколаїв" з метою підтримання допустимих рівнів напруги на ПС 150 кВ регіону виникає необхідність встановлення пристроїв компенсації реактивної потужності. Слід зазначити, що зниження напруги на ПС "Миколаїв-тягова" не є значним завдяки спорудженню лінії Херсон–Херсон-тягова у дволанцюговому виконанні.

Рекомендований варіант схеми ЗЕП ПС Херсон-тягова та Миколаїв-тягова Одеської залізниці показав, що з метою підтримання допустимих рівнів напруги на ПС 150 кВ регіону в аварійних режимах (подвійні відключення АТ 330 кВ на ПС "Херсон" та ПС "Миколаїв") виникає необхідність встановлення пристроїв компенсації реактивної потужності. Аналіз розрахункових струмів короткого замикання на шинах 150 кВ тягових підстанцій показав, що струм трифазного к.з. на ПС "Херсон-тягова" складає 9,5 кА, а на ПС "Миколаїв-тягова" – 5,5 кА. Капіталовкладення реалізації схеми зовнішнього електропостачання тягових підстанцій складають 267,4 млн. грн. для відкритої підстанції та 307,4 млн. грн. для закритої підстанції.

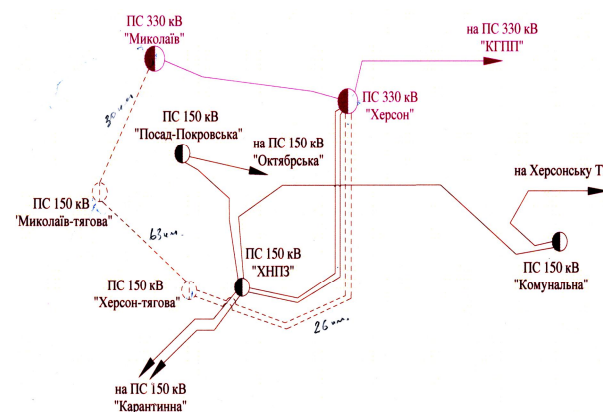


Рис. 6. Схема приєднання ПС "Херсон-тягова" та "Миколаїв-тягова"

ВИСНОВКИ

Стратегія розвитку схем зовнішнього електропостачання тягових підстанцій з урахуванням вимог електроенергетики України базується на приєднанні до мереж НЕК Укренерго (220-330 кВ) з метою підвищення якості електроенергії і зниження витрат і часу будівництва нових тягових підстанцій та підвищенні надійності і безпеки електропостачання тягових підстанцій шляхом розвитку власних живлячих електричних мереж 110 кВ і створення транспортно-енергетичних коридорів в полісї відчуження залізниць, що ефективно при спорудженні нових залізничних ліній в енергодефіцитних регіонах. Нові підходи схемо-технічних рішень приєднання тягових підстанцій до мереж енергосистем вимагають розгляду наступних питань:

- аналіз звітних режимів роботи мереж 110-35 кВ в районі розташування тягових підстанцій з метою складання балансів активної та реактивної потужності;
- прогноз енергетичних показників на період до 2020 р. з метою оцінки балансів активної та реактивної потужності регіону;
- характеристика існуючого стану електричних мереж 110-35 кВ, виявлення "вузьких" місць і ступеня надійності електрозабезпечення споживачів;
- розробка можливих варіантів приєднання тягових підстанцій з розбивкою по черговості будівництва;
- розробка та аналіз електричних розрахунків по потокорозподілу в мережах 35, 110 кВ з урахуванням навантажень тягових підстанцій в характерних режимах роботи (зима, максимум і літо, мінімум навантаження);
- розрахунки струмів короткого замикання на шинах живлячої напруги нових тягових підстанцій для вибору комутаційного обладнання;
- оцінка обсягів реконструкції і нового будівництва для розроблення варіантів схем зовнішнього електропостачання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Марквард К.Г. Электроснабжение электрифицированных железных дорог. – М.: Транспорт, 1982. – 528 с.
2. Корниенко В.В., Котельников А.В., Доманский В.Т. Электрификация железных дорог. Мировые тенденции и перспективы (Аналитический обзор). – К.: Транспорт Украины, 2004. – 196 с.
3. Доманский В.Т., Корниенко В.В., Котельников А.В. Энергетическая безопасность железных дорог и стратегия их развития // Залізничний транспорт України. – 2010. – № 6. – С.5-9.

4. Электроэнергетические системы в примерах и иллюстрациях / Под ред. В.А. Веникова. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 456 с.
5. Доманский В.Т., Андреевских А.В., Доманская Г.А. Расчет системы электроснабжения участков разных номинальных напряжений // Вестник ВНИИЖТ. – 1990. – №2. – С. 19-23.
6. Корниенко В.В., Доманская Г.А. Методы расчета и моделирования режимов работы систем тягового электроснабжения и питающих их энергосистем // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2007. – № 5/3 (29). – С. 31-37.
7. Доманская Г.А. Оценка перетоков мощности и выбор энергосберегающих схем питания // Вісник НТУ "ХПІ". – 2007. – № 37. – С. 106-110.
8. Vennegeerts H. Параллельная прокладка высоковольтных трехфазных тяговых линий // Elektrische Bahnen. – 2003. №4. – С. 100-104.

Bibliography (transliterated): 1. Markvard K.G. `Elektronsnabzhenie `elektrifitsirovannykh zheleznykh dorog. - M.: Transport, 1982. - 528 s. 2. Kornienko V.V., Kotel'nikov A.V., Domanskij V.T. `Elektrifikaciya zheleznykh dorog. Mirovye tendencii i perspektivy (Analiticheskij obzor). - K.: Transport Ukrainy, 2004. - 196 s. 3. Domanskij V.T., Kornienko V.V., Kotel'nikov A.V. `Energeticheskaya bezopasnost' zheleznykh dorog i strategiya ih razvitiya // Zaliznichnij transport Ukraїni. - 2010. - № 6. - S.5-9. 4. `Elektro`energeticheskie sistemy v primerah i illyustraciayah / Pod red. V.A. Venikova. - M.: `Energoatomizdat, 1983. - 456 s. 5. Domanskij V.T., Andreevskih A.V., Domanskaya G.A. Raschet sistemy `elektrosnabzheniya uchastkov raznykh nominal'nykh napryazhenij // Vestnik VNIIZhT. - 1990. - №2. - S. 19-23. 6. Kornienko V.V., Domanskaya G.A. Metody rascheta i modelirovaniya rezhimov raboty sistem tyagovogo `elektrosnabzheniya i pitayuschih ih `energosisistem// Vostochno-Evropejskij zhurnal peredovykh tehnologij. - 2007. - № 5/3 (29). - S. 31-37. 7. Domanskaya G.A. Ocenka peretokov moschnosti i vybor `energoberegayuschih shem pitaniya // Visnik NTU "HPI". - 2007. - № 37. - S. 106-110. 8. Vennegeerts H. Parallelnaya prokladka vysokovol'tnykh trehfaznykh tyagovykh linij // Elektrische Bahnen. - 2003. №4. -- S. 100-104.

Доманський Ілля Валерійович, к.т.н., доц.

Національний технічний університет

"Харківський політехнічний інститут"

61002, Харків, вул. Фрунзе, 21, НТУ "ХПІ",

кафедра "Електричний транспорт та тепловозобудування"

Domansky I.V.

System analysis of external power supply of railways traction substation.

A system analysis of external power supply circuits of railways traction substations over the period of 1993 through 2011 and power supply circuits projects up to 2016 in the market economy environment and under standard requirements of the power industry of Ukraine is conducted.

Key words – external power supply, traction substation, modes of the grid operation, analysis.