

УДК 621.311

DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2026.73.031>

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ПЕРЕВЕДЕННЯ МІЖДЕРЖАВНОЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКА-САБОЛЧБАКА НА НОМІНАЛЬНУ НАПРУГУ 400 КВ

Т.Л. Кацадзе^{1,2*}, канд. техн. наук, Д.М. Лугін^{1**}

1 – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», пр. Берестейський, 37, Київ, 03056, Україна

2 – Інститут електродинаміки НАН України,

пр. Берестейський, 56, Київ, 03057, Україна

e-mail: teymuraz@ukr.net, djdimas75@gmail.com

У статті розглянуто технічну та енергетичну доцільність переведення міждержавної повітряної лінії електропередачі «Західноукраїнська – Саболчбака» з номінальної напруги 750 кВ на 400 кВ у габаритах наявної лінії. Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення ефективності роботи об'єднаної енергосистеми України, посилення її стійкості та інтеграції з енергоринком Європейського Союзу. Одним із ключових елементів міждержавного енергетичного перетину є лінія 750 кВ «Західноукраїнська – Саболчбака», для робочих режимів якої характерні суттєві втрати електроенергії зумовлені коронним розрядом. У статті наведено результати моделювання режимів роботи транзиту Україна – Угорщина, виконаного у програмному середовищі PowerFactory для двох варіантів експлуатації лінії – на напрузі 750 і 400 кВ. Проведено порівняльний аналіз джоулевих втрат активної потужності і втрат на корону, враховано вплив погодних умов (ясна погода, дощ, сніг, паморозь) та різних рівнів навантаження. Розрахунки показали, що при напрузі 750 кВ втрати на коронний розряд переважають над джоулевими, особливо за несприятливих погодних умов, натомість при напрузі 400 кВ частка втрат на корону суттєво знижується, але зростають джоулеві втрати. Встановлено, що зниження номінальної напруги до 400 кВ є енергоефективним лише при порівняно невеликих навантаженнях лінії – до 200 МВт за ясною погодою, до 400 МВт – за сніжною, 750 МВт – за дощу та 950 МВт – за паморозі. За більших перетоків потужності доцільно зберігати напругу 750 кВ, оскільки сумарні втрати за такої умови менші. Бібл. 10, рис. 6, табл. 4.

Ключові слова: міждержавна електропередача, надвисока напруга, втрати потужності, коронний розряд, втрати на корону, енергоефективність.

Вступ. Однією з основних задач оператора системи передачі ПрАТ «НЕК «Укренерго» на 2025-2034 роки є посилення стійкості об'єднаної енергосистеми України та інтеграція українського енергоринку в ринок ЄС. Визначальним фактором можливості виконання поставлених задач є надійність і економічність функціонування міждержавного перетину України з енергосистемою ЄС.

Однією з найпотужніших міждержавних повітряних ліній Об'єднаної енергосистеми України є лінія напругою 750 кВ «Західноукраїнська – Саболчбака», яка ще з часів СРСР була амбітним проектом транзиту «Вінниця – Західноукраїнська – Альбертірша», метою якою була передача електроенергії до міста Будапешт (Угорщина). Після розвалу СРСР повітряна лінія знаходилася у простої, і лише в 2017 році Укренерго та угорський оператор системи передачі MAVIR підписали Меморандум про модернізацію міждержавної повітряної лінії 750 кВ Західноукраїнська – Альбертірша. Будівництво нової підстанції 750/400 кВ «Саболчбака» (Szabolcsbaka) дало змогу компанії MAVIR посилити енергопостачання регіону Кішварда, та підвищити надійність наявних зв'язків між об'єднаною енергосистемою України та енергосистемою континентальної Європи. Міждержавна повітряна лінії надвисокої номінальної напруги 750 кВ Західноукраїнська – Саболчбака почала функціонувати з 2020 року. Відрізок Саболчбака – Альбертірша (Szabolcsbaka – Albertirsa) переведено на напругу 400 кВ в габаритах лінії 750 кВ та поділено підстанцією 400/132 кВ «Йожа» (Jozsa) на дві ділянки. Автотрансформатори 750/400 кВ, які експлуатувалися на підстанції «Альбертірша», були перевезені на нову підстанцію «Саболчбака» [1, 2]. Така схема електропередачі визначає обмеження її пропускної здатності умовами мережі напругою 400 кВ та пропускною здатністю автотрансформаторів 750/400 кВ на підстанції «Саболчбака».



Як відомо, характерною особливістю експлуатаційних режимів повітряних ліній електропередавання високої та надвисокої номінальної напруги є коронний розряд навколо фазних проводів та інших конструктивних елементів лінії. Поява корони на проводах лінії супроводжується низкою небажаних явищ: радіозавади, акустичні шуми, порушення стійкого високочастотного зв'язку та додаткові втрати електричної енергії. Водночас слід зважати на те, що, якщо для електропередач нижчих класів номінальної напруги втрати потужності на корону порівняно невеликі, то в лініях надвисокої напруги, особливо в електропередачах із номінальною напругою 750 кВ, частка втрат, обумовлених коронним розрядом, стає вирішальною, головним чином, в режимах порівняно невеликих навантажень (до 30-40 % натуральної потужності), особливо за несприятливих погодних умов [3, 4, 5, 6, 7, 8, 9]. Слід зазначити, що до травня 2025 року максимальна потужність експорту електроенергії з України та Молдови до країн ЄС була на рівні 550 МВт. Із 1 травня максимальна потужність була збільшена до 650 МВт, а пізніше – до 900 МВт 3 липня 2025 року. З огляду на те, що обсяг потужності в 900 МВт може завантажити повітряну лінію 750 кВ Західноукраїнська – Саболчбака лише на 20-30 %, причому така ситуація можлива лише у випадку виконання всіх інших наявних міждержавних повітряних ліній, постає питання доцільності утримання цієї лінії електропередачі на напрузі 750 кВ через істотні втрати активної потужності на коронний розряд.

Метою роботи є визначення доцільності переведення електропередачі «Західноукраїнська – Саболчбака» на номінальну напругу 400 кВ в габаритах лінії 750 кВ.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішені такі задачі:

- складено розрахункову схему електропередачі «Західноукраїнська – Саболчбака» та суміжних електропередач, які формують транзит Україна – Угорщина;
- у програмному середовищі PowerFactory проведено моделювання серії режимів транзиту за різного завантаження електропередачі «Західноукраїнська – Саболчбака» на номінальній напрузі 750 кВ та 400 кВ за різних погодних умов;
- реалізовано порівняння джоулевих втрат та втрат потужності на корону за різних варіантів виконання досліджуваної електропередачі.

Матеріали дослідження. Для дослідження режимів передачі електричної енергії лінією 750 кВ «Західноукраїнська – Саболчбака» та суміжних ліній транзиту Україна – Угорщина було складено однолінійну розрахункову модель в середовищі програмного комплексу PowerFactory. Схема транзиту відтворена на рис. 1, де червоним кольором показано мережу напругою 750 кВ, зеленим – мережу напругою 400 кВ, синім – мережу напругою 330 кВ.

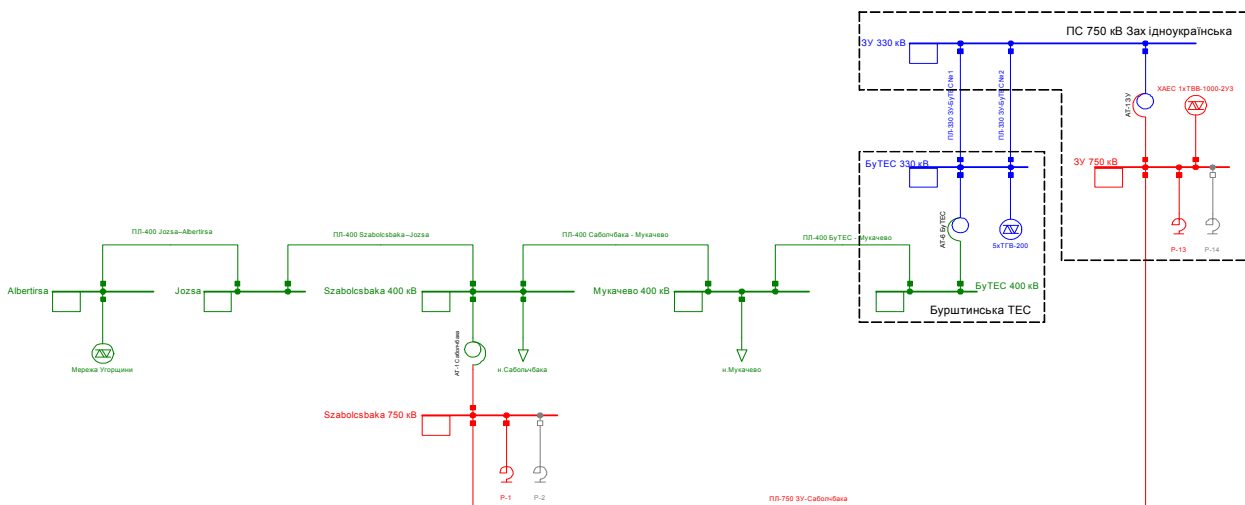


Рис. 1. Схема транзиту Україна – Угорщина за номінальної напруги 750 кВ для лінії «Західноукраїнська – Саболчбака»

Характеристики ділянок розрахункової моделі наведено в табл. 1. Для дослідження впливу погодних умов на інтенсивність коронного розряду під час розрахунку погонного

кондуктансу використано нормативні дані для чотирьох груп погодних умов: ясно, сухий сніг, дощ, паморозь [10]. Вводилося припущення, що для проводів, відсутніх у стандартній таблиці коронних втрат за досліджуваних погодних умов, беруться найближчі відомі значення для вже розрахованих проводів відповідно до класу напруги. Вплив погодних умов на інтенсивність коронного розряду та сумарні втрати активної потужності в лініях досліджуваного перетину змодельовано за максимально допустимого перетоку активної потужності з урахуванням обмеження по допустимому завантаженню автотрансформаторів на підстанціях. Результати моделювання для вихідної схеми мережі відображено у табл. 2 та на діаграмі рис. 2.

Таблиця 1

Назва ПЛ	Конструкція фази	Уном, кВ	Довжина, км	г, Ом/км	х, Ом/км	б, мкСм/км	Ідоп, кА
ПЛ-330 Західноукраїнська – Бурштинська ТЕС №1	2хАСО-500	330	38	0,032	0,318	3,55	1,89
ПЛ-330 Західноукраїнська – Бурштинська ТЕС №2	2хАСО-300	330	43	0,054	0,325	3,47	1,38
ПЛ-400 Jozsa–Albertirsa	4хАСО-500	400	167,5	0,016	0,279	4	3,92
ПЛ-400 Szabolcsbaka–Jozsa	4хАСО-500	400	81,2	0,016	0,279	4	3,92
ПЛ-400 Бурштинська ТЕС – Мукачево	2хАСО-500	400	197	0,032	0,318	3,55	1,89
ПЛ-400 Саболчбака - Мукачево	3хАСО-400	400	142,5	0,0243	0,298	3,76	2,475
ПЛ-750 Західноукраїнська – Саболчбака	4хАСУ-400	750	209	0,02	0,28	3,99	3,26

Таблиця 2

№ п/п	Назва повітряної лінії	Джоулеві втрати, МВт	Втрати на корону за паморозі, МВт	Втрати на корону під час дощу, МВт	Втрати на корону під час снігу, МВт	Втрати на корону за ясної погоди, МВт
750 кВ						
1	Західноукраїнська – Саболчбака	10,787	26,782	13,787	3,687	0,951
400 кВ						
2	Саболчбака – Мукачево	0,750	8,085	2,663	0,728	0,187
3	Бурштинська ТЕС – Мукачево	8,798	11,005	3,615	0,990	0,255
4	Szabolcsbaka–Jozsa	7,586	3,796	1,161	0,317	0,082
5	Jozsa–Albertirsa	15,457	7,866	2,419	0,662	0,171
330 кВ						
6	Західноукраїнська – Бурштинська ТЕС №1	0,367	1,375	0,450	0,134	0,032
7	Західноукраїнська – Бурштинська ТЕС №2	0,515	2,043	0,697	0,207	0,046
Загальні втрати		44,260	60,952	21,792	6,725	1,724

Аналіз даних табл. 2 та гістограми на рис. 2 свідчить про те, що для повітряної лінії 750 кВ «Західноукраїнська – Саболчбака» втрати на коронний розряд при паморозі у 2,5 раза більші за джоулеві втрати. Подібним чином, втрати на корону в цій лінії перевищують джоулеві втрати під час дощу.

Аналогічне дослідження було проведено для моделі електричної мережі, де повітряна лінія «Західноукраїнська – Саболчбака» працює на номінальній напрузі 400 кВ. За такої умови був збережений склад обладнання, але автотрансформатори 750/400 кВ перенесено з підстанції «Саболчбака» на підстанцію «Західноукраїнська» з під'єднанням до ВРУ-750 кВ. Схема досліджуваної електричної мережі зображена на рис. 3. Результати моделювання усталеного режиму для такої схеми подані у табл. 3 та на діаграмі рис. 4.

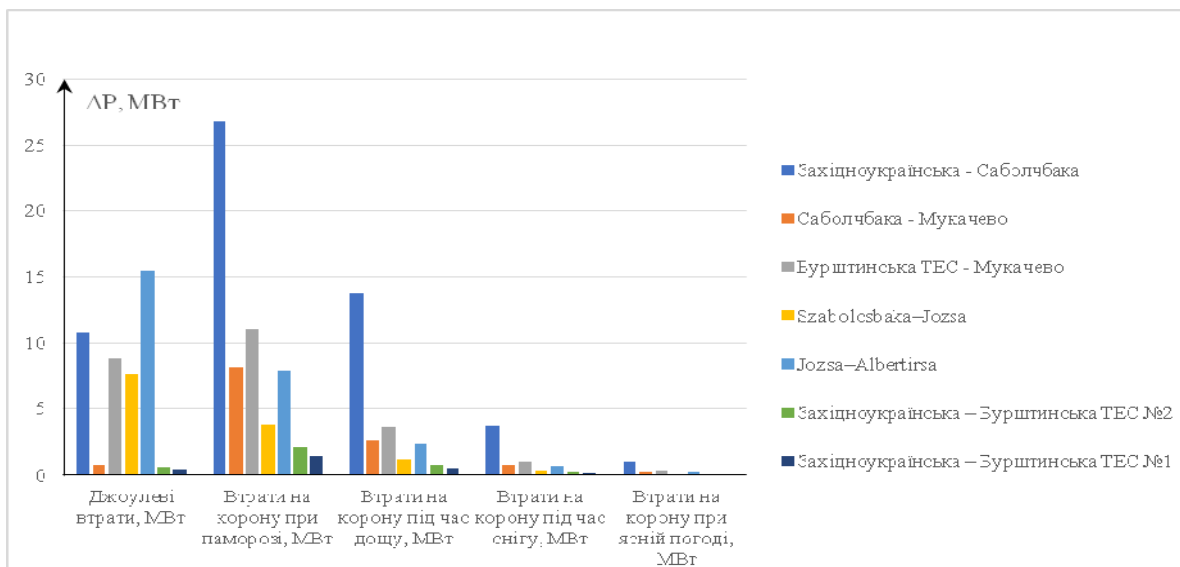


Рис. 2. Гістограма втрат активної потужності в повітряних лініях розрахункової моделі мережі за номінальної напруги 750 кВ лінії «Західноукраїнська – Саболчбака»

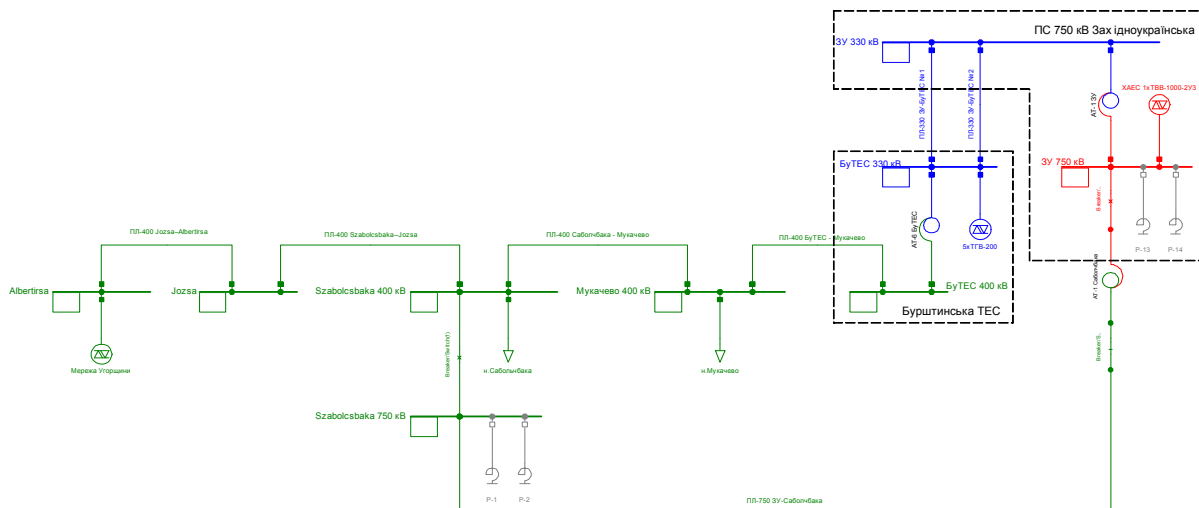


Рис. 3. Схема транзиту Україна – Угорщина за номінальної напруги 400 кВ для лінії «Західноукраїнська – Саболчбака»

Таблиця 3

№ п/п	Назва повітряної лінії	Джоулеві втрати, МВт	Втрати на корону за паморозі, МВт	Втрати на корону під час дощу, МВт	Втрати на корону під час снігу, МВт	Втрати на корону за ясної погоди, МВт
400 кВ						
1	Західноукраїнська – Саболчбака	24,996	11,154	3,676	1,004	0,259
2	Саболчбака – Мукачево	3,099	7,661	2,525	0,691	0,179
3	Бурштинська ТЕС – Мукачево	17,932	10,490	3,468	0,949	0,245
4	Szabolcsbaka–Jozsa	7,436	3,924	1,288	0,352	0,091
5	Jozsa–Albertirsa	15,057	8,268	2,727	0,745	0,193
330 кВ						
6	Західноукраїнська – Бурштинська ТЕС №1	0,050	1,397	0,458	0,136	0,032
7	Західноукраїнська – Бурштинська ТЕС №2	0,070	2,075	0,709	0,211	0,047
Загальні втрати		68,640	44,969	14,851	4,088	1,046

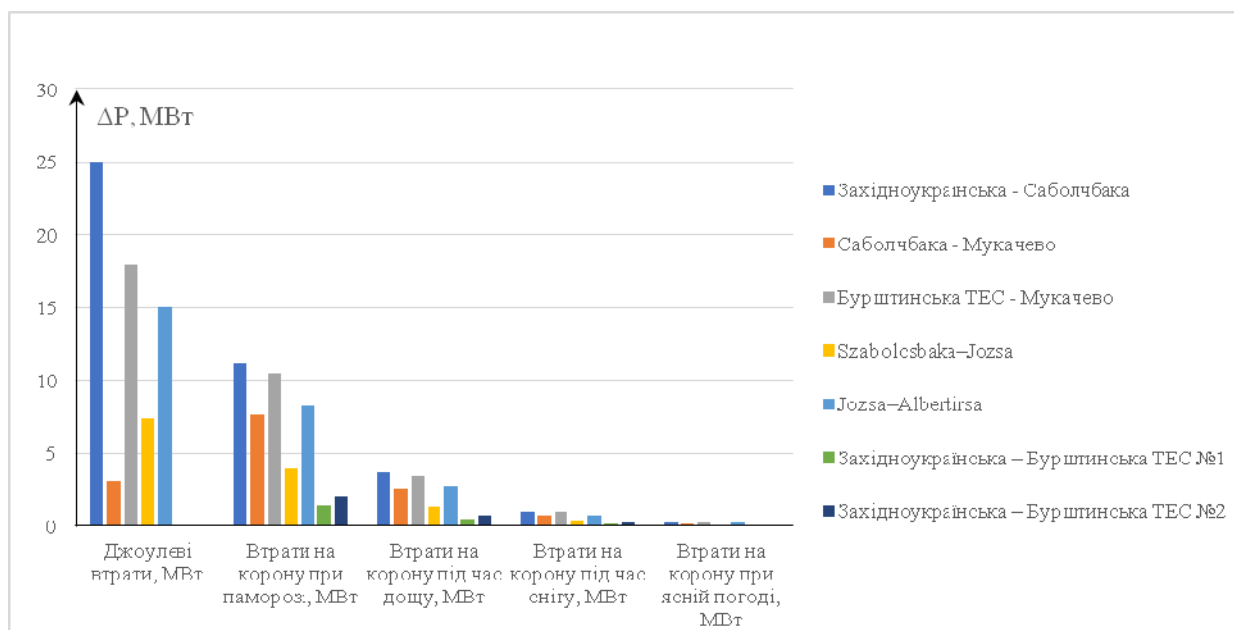


Рис. 4. Графічна інтерпретація втрат у повітряних лініях моделі мережі за номінальної напруги 400 кВ лінії «Західноукраїнська – Саболчбака»

Аналіз інформації, поданої в табл. 3 та на рис. 4, свідчить про те, що внаслідок переведення повітряної лінії «Західноукраїнська – Саболчбака» на номінальну напругу 400 кВ джоулеві втрати збільшилися, і одночасно зменшилися втрати активної потужності на корону. У результаті втрати активної потужності на корону приблизно в 2,5 раза стають меншими джоулевих втрат. Водночас сумарні втрати активної потужності для варіанту виконання електропередачі на номінальній напрузі 400 кВ більші, ніж для наявного способу виконання електропередачі на напрузі 750 кВ. Таке суттєве зростання джоулевих втрат обумовлює майже двократне перевищення сумарних втрат активної потужності в лінії «Західноукраїнська – Саболчбака» на номінальній напрузі 400 кВ порівняно з чинною схемою на напрузі 750 кВ у режимі максимальних навантажень за ясної сухої погоди. Погіршення погодних умов зумовлює збільшення частки втрат потужності на корону, і за умов паморозі сумарні втрати для лінії на напрузі 400 кВ стають більшими, ніж на напрузі 750 кВ. Такі співвідношення проілюстровані на діаграмі рис. 5, де синім кольором показано частку джоулевих втрат; помаранчевим кольором – частку втрат потужності на корону.

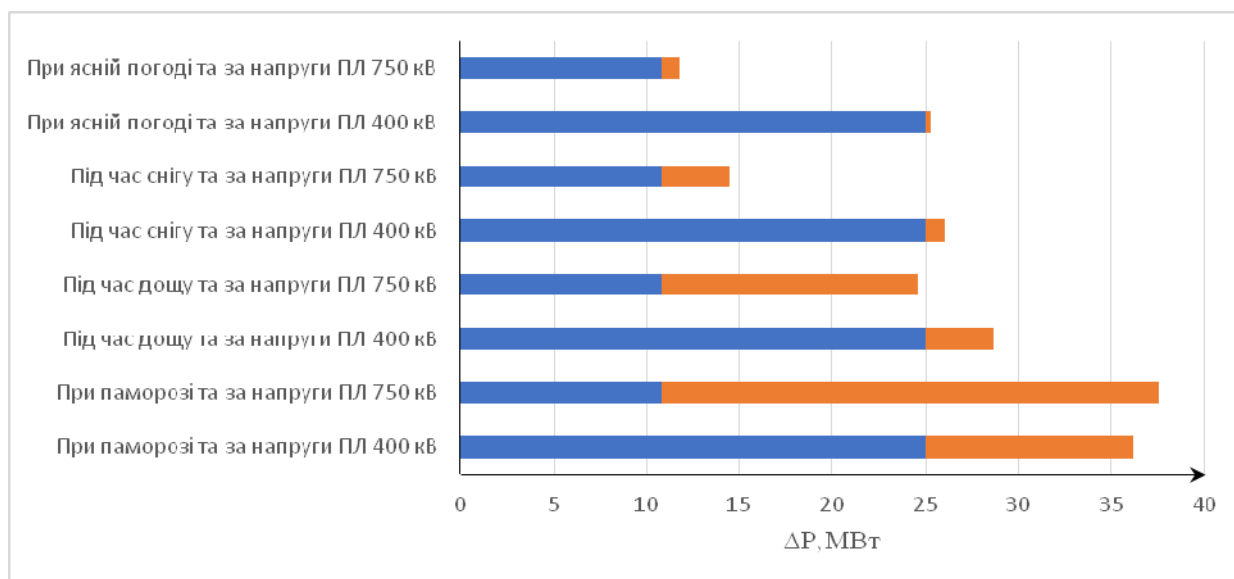


Рис. 5. Діаграма втрат активної потужності в режимі максимального навантаження за різної номінальної напруги лінії Західноукраїнська - Саболчбака

Очевидно, що зменшення потужності, яка передається по досліджуваному перетину, зумовлює зменшення джоулевих втрат пропорційно квадрата навантаження, яке несе лінія електропередавання. Водночас втрати на корону залишаються практично незмінними. Це обумовлює перерозподіл між складовими втрат активної потужності в лінії «Західноукраїнська – Саболчбака». Результати дослідження залежності впливу погодних умов на інтенсивність коронування в повітряній лінії «Західноукраїнська – Саболчбака» на номінальній напрузі 750 кВ та 400 кВ від навантаження, що несе лінія, зведено в табл. 4 та 5 відповідно. На рис. 6 проілюстровано залежність сумарних втрат активної потужності в електропередачі від навантаження, яке несе лінія за різних погодних умов для двох варіантів виконання лінії на номінальній напрузі 750 та 400 кВ. На рис. 6 суцільними лініями показано залежності сумарних втрат потужності у варіанті експлуатації лінії на напрузі 750 кВ; пунктирними – на напрузі 400 кВ.

Зазначимо, що у разі експлуатації повітряної лінії «Західноукраїнська – Саболчбака» на номінальній напрузі 750 кВ найбільшу частину втрат складають втрати на корону, які не залежать від робочого струму навантаження лінії. Це визначає відносно пологий характер залежності сумарних втрат потужності від навантаження, яке несе лінія. Для варіанту експлуатації лінії на номінальній напрузі 400 кВ більший вплив на сумарні втрати потужності мають джоулеві втрати, що обумовлює більш круту форму залежності сумарних втрат потужності від навантаження лінії (див. рис. 6).

Таблиця 4

№ п/п	Навантаження, що несе лінія електропередачі, МВт	Джоулеві втрати, МВт	Сумарні втрати за паморозі, МВт	Сумарні втрати під час дощу, МВт	Сумарні втрати під час снігу, МВт	Сумарні втрати за ясної погоди, МВт
1	1200	10,787	37,569	24,624	14,474	11,738
2	1100	8,635	36,308	22,964	12,491	9,666
3	980	7,134	33,608	20,847	10,822	8,115
4	875	5,597	32,596	19,584	9,354	6,591
5	770	4,293	31,697	18,493	8,105	5,298
6	690	3,480	30,801	17,639	7,279	4,479
7	585	2,567	30,082	16,828	6,391	3,569
8	480	1,751	29,410	16,089	5,594	2,755
9	380	1,183	28,917	15,562	5,036	2,188
10	260	0,705	27,520	14,608	4,428	1,674
11	155	0,368	27,199	14,283	4,094	1,335
12	75	0,220	26,998	14,111	3,938	1,183

Таблиця 5

№ п/п	Навантаження, що несе лінія електропередачі, МВт	Джоулеві втрати, МВт	Сумарні втрати за паморозі, МВт	Сумарні втрати під час дощу, МВт	Сумарні втрати під час снігу, МВт	Сумарні втрати за ясної погоди, МВт
1	1005	24,538	36,150	28,672	26,000	25,255
2	905	20,167	31,588	24,019	21,306	20,549
3	810	17,052	27,893	20,710	18,130	17,409
4	715	12,619	24,062	16,465	13,732	12,968
5	610	8,956	20,844	12,942	10,096	9,299
6	515	6,258	18,425	10,331	7,412	6,595
7	410	4,027	16,310	8,134	5,182	4,355
8	310	2,228	14,659	6,379	3,388	2,549
9	200	1,012	13,197	5,077	2,142	1,318
10	110	0,319	12,524	4,387	1,443	0,617
11	65	0,145	12,330	4,205	1,264	0,438

Аналіз інформації, наведеної на рис. 6, свідчить про те, що переведення лінії електропередавання «Західноукраїнська – Саболчбака» на номінальну напругу 400 кВ зумовить зменшення сумарних втрат активної потужності за відносно малого навантаження електропередачі (приблизно 200 МВт за ясної сухої погоди). Погіршення погодних умов визначає зростання критичного навантаження електропередачі, за якого сумарні втрати активної потужності у варіанті експлуатації лінії на напрузі 400 кВ будуть більшими, ніж у варіанті експлуатації на напрузі 750 кВ. Так, у разі сухого снігу критичне навантаження становить приблизно 400 МВт, під час дощу – біля 750 МВт, за паморозі – приблизно 950 МВт.

Водночас слід зазначити, що висновки про доцільність переведення лінії електропередачі «Західноукраїнська – Саболчбака» на номінальну напругу 400 кВ можна зробити тільки після всебічного аналізу, який включає вплив на режим реактивної потужності, неоднорідність замкнених контурів транзиту Україна – Угорщина, техніко-економічний аналіз тощо.

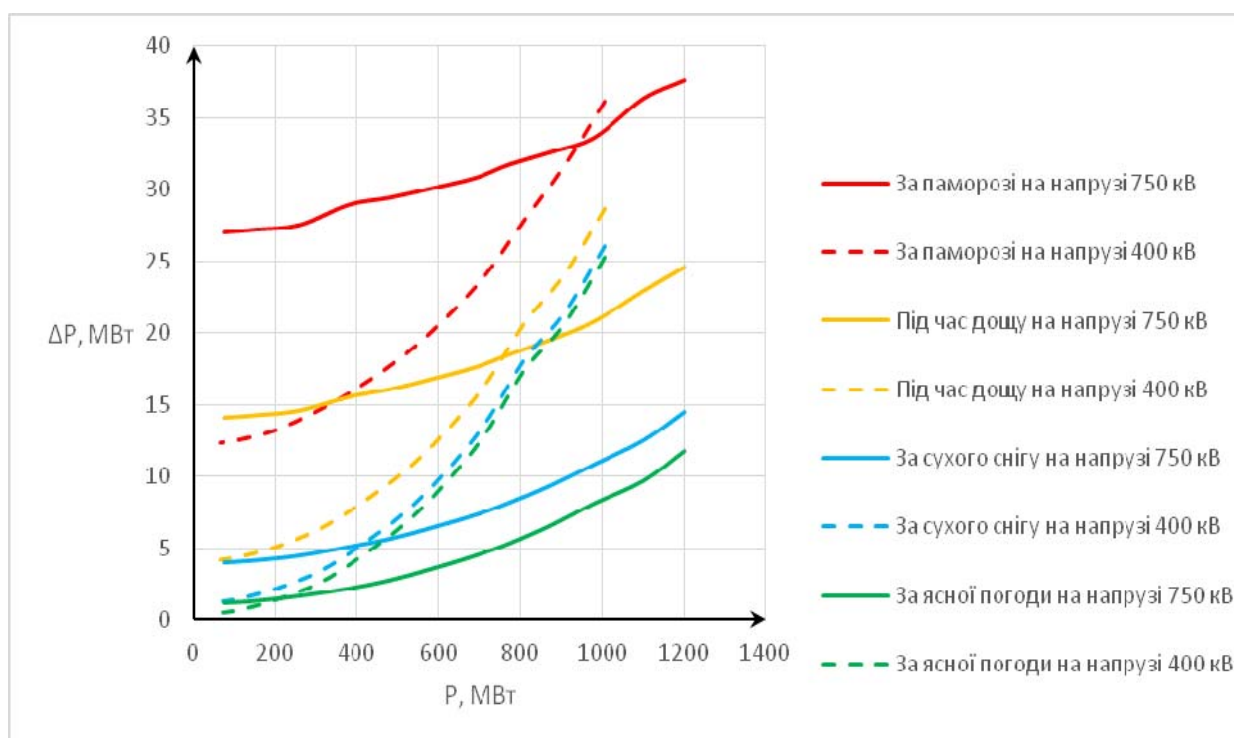


Рис. 6. Залежність сумарних втрат активної потужності від навантаження, яке несе електропередача «Західноукраїнська – Саболчбака»

Висновки. 1. Встановлено, що експлуатація міждержавної повітряної лінії електропередачі «Західноукраїнська – Саболчбака» на номінальній напрузі 750 кВ супроводжується значними втратами активної потужності, зумовленими коронним розрядом, особливо за несприятливих погодних умов. Частка втрат на корону для цієї лінії перевищує джоулеві втрати у 2–2,5 рази, що суттєво знижує ефективність її використання в режимах порівняно малих навантажень навантаження (до 30–40 % натуральної потужності).

2. Моделювання роботи лінії у середовищі PowerFactory показало, що переведення лінії на номінальну напругу 400 кВ у габаритах наявної лінії приводить до істотного зниження втрат на коронний розряд, проте супроводжується збільшенням джоулевих втрат через підвищення робочого струму. Загальні втрати активної потужності за таких умов залежать від навантаження та погодних умов: за невеликих навантажень (до 200 МВт за ясної погоди) варіант на 400 кВ виявляється енергоефективнішим; за зростання навантаження понад 750–900 МВт більш доцільною є експлуатація лінії на 750 кВ, оскільки сумарні втрати при цьому менші.

3. Визначено критичні значення навантаження, за яких ефективність переходу на 400 кВ втрачається: близько 200 МВт за ясної погоди, 400 МВт – під час сухого снігу, 750 МВт – під час дощу, 950 МВт – за паморозі.

4. Остаточне рішення щодо оптимального режиму експлуатації потребує додаткового комплексного аналізу, зокрема оцінки впливу на баланс реактивної потужності, стійкість системи та економічну ефективність реконструкції мережі.

1. Yaremak I. EU–Ukraine Cross-Border Energy Cooperation: Trends and Directions for Post-War Reconstruction. *Borders in Globalization Review*. 2025. Vol. 6. No 2. DOI: https://doi.org/10.18357/big_r62202522129
2. Kasembe A. et al. Regional Investment Plan Continental Central East. 2023. URL: <https://tyndp.entsoe.eu/resources/regional-investment-plan-2022-continental-central-east>
3. Katsadze T. et al. Determination of active power losses components in long-distance ac power transmission. *Tekhnichna Elektrodynamika*. 2022. Vol. 2022. No 4. Pp. 54–58. DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2022.04.054>
4. TB 838 - Coatings for protecting overhead power networks against icing, corona noise, corrosion and reducing their visual impact. Paris : CIGRE 838, 2021.
5. Gupta P. K., Tuttelberg K., Kilter J. Weather dependency of corona losses on 330 kV overhead transmission lines. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2024. Vol. 155. Pp. 109537. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2023.109537>
6. Кучанський В.В., Тугай Ю.І., Тугай І.Ю. Обґрунтування конструкції розщепленої фази повітряних міжсистемних ліній електропередавання. *Вісник ВПІ*. 2024. Т. 177. № 6. С. 27–33. DOI: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2024-177-6-27-33>
7. Кучанський В.В., Зайцев Є.О., Коваленко О.М. Аналіз експериментальних оцінок втрат потужності на коронування повітряних міжсистемних ліній електропередавання. *Вісник ВПІ*. 2024. Т. 175. № 4. С. 22–29. DOI: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2024-175-4-22-29>
8. Олубакінде Е. Дослідження впливу ємності розщепленої фази на втрати потужності, пов'язані з коронним розрядом. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ"*. Серія: Енергетика: надійність та енергоефективність. 2022. № 1 (4). С. 56–61. DOI: <https://doi.org/10.20998/2224-0349.2022.01.08>
9. Кучанський В. та ін. Оцінка втрат електроенергії на корону в повітряних лініях 220–750 кВ з урахуванням конструктивних параметрів опор. *Праці інституту електродинаміки НАН України*. 2025. Вип. 72. С. 15–25. DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2025.72.015>
10. СОУ-Н ЕЕ 40.1.3741933.82: 2013. Методичні рекомендації визначення технологічних витрат електричної енергії в трансформаторах і лініях електропередавання. Вид. офіц. 2013. 88 с.

RESEARCH TO THE POSSIBILITY OF CONVERTING THE INTER-STATE ELECTRICITY TRANSMISSION LINE WESTERN UKRAINE – SZABOLCSBÁNYA TO NOMINAL VOLTAGE OF 400 KV

T. Katsadze^{1,2}, **D. Luhin**¹

1 – National Technical University of Ukraine Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute, Beresteiskyi ave., 37, 03056, Kyiv, Ukraine

2 – Institute of Electrodynamics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Beresteiskyi ave., 56, 03057, Kyiv, Ukraine

The article discusses the technical and energy feasibility of converting the inter-state overhead power line Zakhidnoukrainska – Szabolcsbaka from a nominal voltage of 750 kV to 400 kV within the dimensions of the existing line. The relevance of the study is determined by the need to improve the efficiency of the unified energy system of Ukraine, strengthen its stability, and integrate it with the energy market of the European Union. One of the key elements of the interstate energy intersection is the 750 kV Zakhidnoukrainska – Szabolcsbaka line, whose operating modes are characterized by significant power losses due to corona discharge. The paper presents the results of modeling the Ukraine-Hungary transit operating modes, performed in the PowerFactory software environment for two line operation options – at 750 kV and 400 kV. A comparative analysis of active power losses (Joule losses and corona losses) was performed, taking into account the influence of weather conditions (clear weather, rain, snow, frost) and different load levels. The calculations showed that at a voltage of 750 kV, corona discharge losses prevail over Joule losses, especially in unfavorable weather conditions, while in the 400 kV option, the share of corona losses is significantly reduced, but Joule losses increase. It has been established that reducing the nominal voltage to 400 kV is energy efficient only at relatively low line loads – up to 200 MW in clear weather, up to 400 MW during snow, 750 MW during rain, and 950 MW during

frost. For larger power flows, it is advisable to maintain a voltage of 750 kV, as the total losses are lower in this case. Ref. 10, fig. 6, tables 4.

Keywords: interstate power transmission, extra-high voltage, power losses, corona discharge, corona losses, PowerFactory, energy efficiency.

1. Yaremak I. EU–Ukraine Cross-Border Energy Cooperation: Trends and Directions for Post-War Reconstruction. *Borders in Globalization Review*. 2025. Vol. 6. No 2. DOI: https://doi.org/10.18357/big_r62202522129
2. Kasembe A. et al. Regional Investment Plan Continental Central East. 2023. URL: <https://tyndp.entsoe.eu/resources/regional-investment-plan-2022-continental-central-east>
3. Katsadze T. et al. Determination of active power losses components in long-distance ac power transmission. *Tekhnichna Elektrodynamika*. 2022. Vol. 2022. No 4. Pp. 54–58. DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2022.04.054>
4. TB 838 - Coatings for protecting overhead power networks against icing, corona noise, corrosion and reducing their visual impact. Paris : CIGRE 838, 2021.
5. Gupta P. K., Tuttelberg K., Kilter J. Weather dependency of corona losses on 330 kV overhead transmission lines. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*. 2024. Vol. 155. Pp. 109537. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2023.109537>
6. Kuchansky V.V., Tugai Y.I., Tugai I.Y. Substantiation of the Split Phase Construction of the Overhead Intersystem Power Transmission Lines. *Visnyk of Vinnytsia Politechnical Institute*. 2024. Vol. 177. No 6. Pp. 27–33. (Ukr) DOI: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2024-177-6-27-33>
7. Kuchansky V.V., Zaitsev I.O., Kovalenko O.M. Analysis of Experimental Estimates Power Corona Losses on Overhead Intersystem Power Transmission Lines. *Visnyk of Vinnytsia Politechnical Institute*. 2024. Vol. 175. No 4. Pp. 22–29. (Ukr) DOI: <https://doi.org/10.31649/1997-9266-2024-175-4-22-29>
8. Olubakinde E. Investigation of the influence of bundled conductor capacitance on power losses associated with corona discharge. *Bulletin of the National Technical University KhPI. Series: Energy: Reliability and Energy Efficiency*. 2022. No 1 (4). Pp. 56–61. (Ukr) DOI: <https://doi.org/10.20998/2224-0349.2022.01.08>
9. Kuchanskiy V. et al. Estimation Of Corona Electricity Losses In 220–750 kV Overhead Lines Taking Into Account The Design Parameters Of Supports. *Praci Institutu elektrodynamiky Natsionalnoi akademii nauk Ukrainy*. 2025. Iss. 72. Pp. 15–25. (Ukr) DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2025.72.015>
10. SOU-N EE 40.1.3741933.82: 2013. Methodological recommendations for determining technological consumption of electrical energy in transformers and power transmission lines. Official edition. 2013. 88 p. (Ukr)

Надійшла: 02.03.2026
Прийнята: 20.03.2026

Submitted: 02.03.2026
Accepted: 20.03.2026