

**ФОРМУВАННЯ ЦІЛЬОВИХ ГРУП З НАДІЙНОСТІ
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ СТИМУЛЮЮЧОГО
РЕГУЛЮВАННЯ ТАРИФІВ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЮ**

Ю. С. Сайчук, студент магістратури

А. І. Замулко, кандидат технічних наук

*Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут»*

e-mail: yuron55@ukr.net

Анотація. Для забезпечення інтеграції об'єднаної енергосистеми України (ОЕСУ) з об'єднаною енергосистемою Європи (ENTSO-T) необхідно забезпечити виконання вимог європейського законодавства у сфері енергетики, зокрема виконання вимог 3 енергетичного пакету. Для успішного об'єднання двох енергосистем, покращення технічного стану розподільчих електромереж та забезпечення якості електропостачання відповідно до вимог європейського законодавства запропоновано використання стимулюючого регулювання у електроенергетиці.

Ключова слова: *outage management system (OMS), класифікація, SAIDI, SAIFI, WTA, WTP*

Через стрімкий розвиток споживчих вимог суспільства до надійності і якості електропостачання, у більшості країн проводиться кардинальне реформування електроенергетичних галузей. Країни по-різному розвивають власні електроенергетичні галузі, але усі відповідні державні програми розвитку базуються на так – званих «ключових цінностях енергетики», де питання надійності займають одне із ключових місць [1].

Нині у питанні надійності електропостачання Україна значно поступається індустріально розвиненим країнам, що пояснюється технічним станом їх розподільчих мереж. Так, за з оцінками, середній рівень зношеності об'єктів

енергетики деяких електропередавальних організацій (ЕПО) становить 60 % і більше [2]. Поряд з фізичним зносом електромереж відбувалось їхнє моральне старіння. Технічний рівень більшості підстанцій відповідає аналогічному 30 – річній давності у розвинених країнах. Недостатній розвиток інфраструктури стримує розвиток ринку та обмежує можливість організації безперебійного і якісного електропостачання.

Також однією із головних причин є те, що у більшості промислово розвинених країн уже тривалий час регламентуються не тільки номенклатура показників надійності, а і їх граничні значення. Це сприяло тому, що ЕПО цих країн оснастили свої розподільчі мережі відповідним комутаційним обладнанням та створили системи моніторингу і керування надійністю (Outage management system (OMS)).

У 2011 році було прийнято постанову НКРЕ від 17.02.2011 - № 232 [3], яка визначає форми регулярної звітності відносно показників надійності електропостачання. Це стало підготовкою до введення стимулюючого регулювання у 2013 році та проведення 1 регуляторного періоду до 2016 року. Ця практика відповідає аналогічній у більшості країн світу, але це лише перший крок на шляху розв'язання проблеми надійності електропостачання .

Проблему запровадження системи OMS можна розв'язати за допомогою реалізації секціонування мереж комутаційними пристроями та їх автоматизації. Звичайно, такі кроки вимагають значних капіталовкладень, використання техніко-економічного аналізу і обґрунтування. Тому використовуються оптимізаційні задачі, що дозволяє максимально ефективно приймати рішення в умовах обмеження фінансових ресурсів та враховувати режимні та технологічні обмеження. [1]

Проте, необхідно врахувати одну особливість процесу електропостачання - протиріччя між постачальниками і споживачами електричної енергії. Таке протиріччя полягає в розбіжності інтересів сторін при дотриманні процесу електропостачання. Енергопостачальні компанії зацікавлені в зниженні витрат, пов'язаних із забезпеченням електропостачання споживачів. Споживачі, у свою

чергу, прагнуть до зменшення обсягів можливих збитків від перерв у електропостачанні, тобто зацікавлені в максимально високому рівні надійності електропостачання. Наявність такої особливості процесу електропостачання приводить до необхідності врахування як інтересів споживачів електроенергії, так і інтересів енергокомпаній. Саме у цьому полягає суть стимулюючого регулювання у електроенергетиці. Але у зв'язку із переходом енергетичного ринку України до нової моделі – двосторонніх договорів і балансуєчого ринку – роль держави як регулятора у відносинах «постачальник – споживач» може ослабнути, тому виникає необхідність встановлення загальних «правил гри».

Розв'язання зазначеної проблеми може бути здійснено шляхом запровадження диференціації тарифів за критерієм надійності електропостачання. При цьому реалізація такого підходу має здійснюватися з урахуванням особливостей ЕПО. Таким чином, на першому етапі мають бути досліджені ЕПО та сформовані за обраними показниками групи. Це дозволить врахувати економічні інтереси ЕПО (відшкодування додаткових збитків за підвищений рівень надійності електропостачання) у вигляді надбавки до тарифу, а інтереси споживачів – штрафи за недовідпуск електроенергії і відшкодування за збитки. Якщо врахувати дані особливості, то можна окреслити схему так званого «Гарантованого рівня обслуговування» (Guaranteed Service Level) [4]. Така система стимулюючого регулювання не дуже розповсюджена, оскільки постановка подібних тарифів для споживачів різних галузей промисловості, знаходиться на стадії обговорення та узгодження [1]. Винятком може бути Італія і ряд деяких інших країн де застосовується на практиці єдиний національний тариф на розподіл електроенергії, надбавка за надійність до якого є функцією від показника *SAIDI* [1].

Єдиний розмір додаткової плати та компенсацій у Італії визначалась за допомогою за допомогою колл центрів виявлення готовності споживачів платити за поліпшення надійності електропостачання (Willingness to pay WTP - готовність платити), а також розмір плати за рівень надійності, чи їх бажання приймати компенсацію за неналежний рівень надійності (Willingness to accept

WTA – готовність прийняти) . Інформація про WTP і WTA в Італії збиралась по районах, щоб уникнути усереднення даних з хорошими і поганими показниками. В результаті середня надбавка за якість електропостачання для всіх споживачів на 2004 - 2007 рр. була встановлена у розмірі 4 євро на споживача в рік, що склало менше 2% від середніх побутових витрат на електроенергію в Італії. При цьому переривання поставки електроенергії за 8 років (з 2000 по 2007 р) вдалося скоротити в 3 рази.

Проблемі використання системи диференціальних тарифів присвячено чимало робіт, зокрема Папков Б.В., Р.Е. Алексеева, В. Китушин, Ю. Кучеров, І. В Сахарова та ін. [5], [6], [7], [8].

Мета досліджень – формування цільових груп ЕПО з урахуванням особливостей їх структури, технічних характеристик та показників надійності електропостачання при використанні системи диференціальних тарифів.

Матеріали та методика досліджень. Характеризуючи структуру розподільчих мереж в регіональному аспекті, слід зазначити, що Україна являє собою сукупність дуже неоднорідних територій. Регіони України значно диференційовані за факторними умовами, рівнем економічного розвитку, рівнем промисловості, рівнем і структурою споживання електричної енергії тощо. Основною причиною нерівномірності розподілу електроенергії за регіонами обумовлені значними відмінностями в рівнях їх соціально-економічного розвитку, а також поглибленням міжрегіональних диспропорцій і зосередженням економічної активності і фінансових результатів в більш розвинутих регіонах. За останні десять років відбулося посилення диференціації соціального та економічного розвитку територій України. Розвинутими в індустріальному відношенні областями є Дніпропетровська, Донецька, Запорізька, Луганська. Області, де переважає сільське господарство, – Вінницька, Тернопільська, Житомирська, Кіровоградська, Полтавська, Черкаська. Є також області, де врівноважені сільське господарство та індустрія, – Одеська, Київська, Харківська [9].

Така диференціація регіонів у значній мірі впливає на структуру ЕПО, де характер споживання електроенергії і вимоги до надійності електропостачання в залежності від економічного розвитку регіону, структури промисловості і економічної ситуації загалом може відрізнятися. Тому при використанні стимулюючого тарифоутворення необхідно врахувати особливості, пов'язані з процесом електропостачання та оцінки його надійності, та особливості структури електропостачання кожного з досліджуваних обленерго. Даний підхід дозволить більш ефективно використовувати дане тарифне регулювання, враховуючи усі особливості електропостачання у середині тої чи іншої кластерної групи. Для побудови цільових груп за надійністю електропостачання для впровадження стимулюючого регулювання використаємо метод кластерного аналізу.

Основною метою кластерного аналізу є розподіл багатовимірної сукупності вхідних даних на однорідні групи так, щоб об'єкти всередині групи були подібними між собою згідно з деяким критерієм, а об'єкти із різних груп відрізнялися один від одного. Причому класифікація об'єктів проводиться одночасно за декількома ознаками на основі введення певної міри сумарної близькості за всіма ознаками класифікації. Кластерний аналіз використовують для дослідження структури соціально-економічних показників чи об'єктів: регіонів, підприємств, господарств, соціальних обстежень і т. д., описаних багатьма апріорно однаковими факторами.

Кластерний аналіз – це сукупність методів класифікації багатовимірних спостережень чи об'єктів, які базуються на визначенні поняття відстані між досліджуваними об'єктами з наступним виділенням в них подібних груп. Ці відстані можуть визначатися в одновимірному або багатовимірному просторі. [9]

Для проведення кластеризації було обрано метод «к-середніх». Принцип алгоритму полягає в пошуку таких центрів кластерів та наборів елементів кожного кластера при наявності деякої функції $\Phi(\cdot)$, що виражає якість

поточного розбиття множини на k кластерів, коли сумарне квадратичне відхилення елементів кластерів від центрів цих кластерів буде найменшим:

$$V = \sum_{i=1}^k \sum_{x_j \in S_i} (x_j - \mu_i)^2$$

де k - число кластерів, S_i - отримані кластери, $i = 1, 2, \dots, k$, μ_i - центри мас векторів $x_j \in S_i$. В початковий момент роботи алгоритму довільним чином обираються центри кластерів, далі для кожного елемента множини ітеративно обчислюється відстань від центрів з приєднанням кожного елемента до кластера з найближчим центром. Для кожного з отриманих кластерів обчислюються нові значення центрів, намагаючись при цьому мінімізувати функцію $\Phi(\circ)$, після чого повторюється процедура перерозподілу елементів між кластерами.

Застосовуючи багатовимірний кластерний аналіз, ми провели кластеризацію ЕПО України. Для реалізації кластерного аналізу необхідно проаналізувати ряд показників щоб врахувати особливості кожного обленерго. Було обрано такі показники статистичної звітності НКРЕКП, Держенергонагляду, та Планів розвитку ЕПО, представлені в таблиці 1:

- сумарна довжина повітряних ліній електропередач, тис. км (X1);
- сумарна довжина кабельних ліній електропередач, тис. км (X2);
- сумарна кількість ТП, од. (X3);
- кількість юридичних споживачів (X4);
- кількість побутових споживачів (міська місцевість), од. (X5);
- кількість побутових споживачів (сільська місцевість), од. (X6);
- електричні навантаження в режимні дні, МВт (X7);
- показник SAIDI для міської місцевості, хв (X8);
- показник SAIDI для сільської місцевості, хв (X9);
- показник SAIFI для міської місцевості (X10);
- показник SAIFI для сільської місцевості (X11);
- кількість технологічних порушень у електропостачанні, од (X12).

1. Показники облenerго

Назва електропередавальної організації	Показники статистичної звітності											
	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12
ПАТ «Вінницяобленерго»	40668,19	1660,98	11047,00	19816,00	334873,00	422874,00	516,00	401,70	465,60	31,90	45,63	4725,00
ПАТ «Волиньобленерго»	24354,00	1292,00	5934,00	11639,00	180148,00	179635,00	290,00	357,60	861,00	9,27	10,05	7627,00
ПАТ «ДТЕК Дніпрообленерго»	41367,40	3662,95	12589,00	40510,00	1224647,00	240474,00	3289,00	418,00	656,70	9,71	13,71	14257,00
ПАТ "ЕК "Житомиробленерго"	34016,04	1466,09	8956,00	15444,00	299432,00	274797,00	507,00	290,40	584,80	11,56	12,51	4611,00
ПАТ «Закарпаттяобленерго»	17116,00	1131,58	4850,00	18419,00	165786,00	251479,00	535,00	464,30	844,90	9,61	13,75	2971,00
ВАТ «Запоріжжяобленерго»	35432,08	2879,53	8635,00	23136,00	572011,00	188177,00	1279,00	176,50	71,10	4,28	7,55	8774,00
ПАТ «Київенерго»	1353,20	11115,52	3880,00	27134,00	1031945,00	22,00	1687,00	186,40	680,50	2,25	8,64	1976,00
ПАТ «Київобленерго»	43662,43	2492,47	9661,00	27236,00	442840,00	434188,00	1184,00	517,40	886,00	17,17	23,87	23608,00
ПАТ «Кіровоградобленерго»	26273,00	1274,80	7072,00	11052,00	274399,00	176106,00	316,00	303,90	939,30	20,24	30,86	5265,00
ПАТ «Львівобленерго»	36518,06	4286,00	8794,00	33338,00	520286,00	377384,00	805,00	436,80	1395,30	11,09	24,13	5548,00
ПАТ «Миколаївобленерго»	23294,93	1612,04	11602,00	16084,00	314514,00	160340,00	441,00	601,10	1206,30	29,91	21,76	4939,00
ПАТ «ЕК	38513,16	3332,27	9216,00	31515,00	615317,00	335702,00	1384,00	836,70	927,40	26,25	21,02	4666,00

«Одесаобленерго»												
ПАТ «Полтаваобленерго»	39199,00	1831,00	10165,00	18149,00	411215,00	299651,00	888,00	384,20	970,30	12,19	30,23	6806,00
ПАТ «Прикарпаттяобленерго»	24829,56	118,00	6048,00	18819,00	196715,00	315650,00	420,00	393,70	1073,60	10,66	21,04	8917,00
ПАТ «Рівнеобленерго»	25181,40	1296,94	5992,00	13513,00	187989,00	214220,00	529,00	326,10	788,20	9,43	21,06	6980,00
ПАТ «Сумиобленерго»	29928,30	2200,40	7602,00	12394,00	326637,00	187454,00	519,00	132,10	207,90	30,12	25,46	5501,00
ВАТ «Тернопільобленерго»	23131,00	967,00	6058,00	16347,00	173230,00	224182,00	304,00	194,20	429,00	14,76	12,14	1957,00
АК «Харківобленерго»	39732,50	7091,57	11402,00	31870,00	933123,00	263271,00	1167,00	193,20	200,00	8,24	16,85	2015,00
ПАТ «ЕК «Херсонобленерго»	24872,00	623,60	1096,00	12687,00	284149,00	169041,00	378,00	756,30	1038,80	18,52	16,07	5012,00
ПАТ «Хмельницькобленерго»	32550,60	1464,80	7490,00	19258,00	279639,00	265956,00	445,00	98,90	194,30	15,88	22,66	885,00
ПАТ «ЕК «Чернівціобленерго»	17238,40	370,00	3793,00	13840,00	132327,00	196711,00	256,00	116,50	128,10	14,30	41,41	1913,00
ПАТ «Чернігівобленерго»	34513,10	1610,80	8680,00	12426,00	295925,00	252829,00	306,00	157,90	293,90	28,12	30,04	9674,00
ПАТ «Сумиобленерго»	29928,30	2200,40	7602,00	12394,00	326637,00	187454,00	519,00	132,10	207,90	30,12	25,46	5501,00
ВАТ «Тернопільобленерго»	23131,00	967,00	6058,00	16347,00	173230,00	224182,00	304,00	194,20	429,00	14,76	12,14	1957,00

Перші три показники характеризують структуру розподільчих мереж, їх розгалуженість. Кабельні лінії мають більшу надійність ніж повітряні, однак на їх відновлення необхідно витратити більше часу.

Наступні три характеризують споживачів електроенергії, юридичні особи, наприклад підприємства, більш зацікавлені у надійному електропостачанні, оскільки у разі відключення вони отримають набагато більші збитки ніж побутовий споживач

Показник величини електричного навантаження в режимні дні дозволяє разом із показниками розподілу споживачів дозволяють проаналізувати структуру споживання електроенергії у кожній ЕПО. Це дасть змогу оцінити вклад кожної групи споживачів у графік електричного навантаження ЕПО та провести більш чіткий розподіл за групами(кластерами).

Показники SAIDI, SAIFI визначаються згідно постанови [10]. Ці показники характеризують комерційну якість надання послуг і використовуються характеристики надійності електропостачанні згідно з стандартів МЕК. Останній характеризує кількість перерв у електропостачанні.

Для проведення кластеризації було використано програмний комплекс STATISTIKA. В процесі проведення кластеризації було прийняте рішення використати для групування 5 цільових груп. Одна для характеристики промислово розвинених регіонів та переважаючою кількістю міського населення, одна для регіонів з розвиненим агропромисловим комплексом (АПК) і переважанням сільського населення. Інші – проміжні для характеристики регіонів із змішаною структурою.

Результати досліджень. За результатом проведення кластерного аналізу було сформовано 5 цільових груп (кластерів) ЕПО, перелік яких наведено у таблиці 2.

2 . Цільові групи (кластери)

Цільові групи (кластери)	Назва електропередавальної організації
I	ПАТ «ДТЕК Дніпрообленерго», ВАТ «Запоріжжяобленерго» , АК «Харківобленерго»
II	ПАТ «Сумиобленерго», ПАТ «Хмельницькобленерго» ПАТ «ЕК «Чернівціобленерго», ПАТ «Чернігівобленерго»
III	ПАТ «Волиньобленерго», ПАТ "ЕК "Житомиробленерго", ПАТ «Закарпаттяобленерго», ПАТ «Кіровоградобленерго» ПАТ «Миколаївобленерго», ПАТ «Прикарпаттяобленерго» ПАТ «Рівнеобленерго», ВАТ «Тернопільобленерго», ПАТ «ЕК «Херсонобленерго».
IV	ПАТ «Вінницяобленерго», ПАТ «Київобленерго», ПАТ «Львівобленерго», ПАТ «ЕК «Одесаобленерго», ПАТ «Полтаваобленерго»
V	ПАТ «Київенерго»

Графік середніх значень відносних показників для кожного кластеру зображений на рисунку.

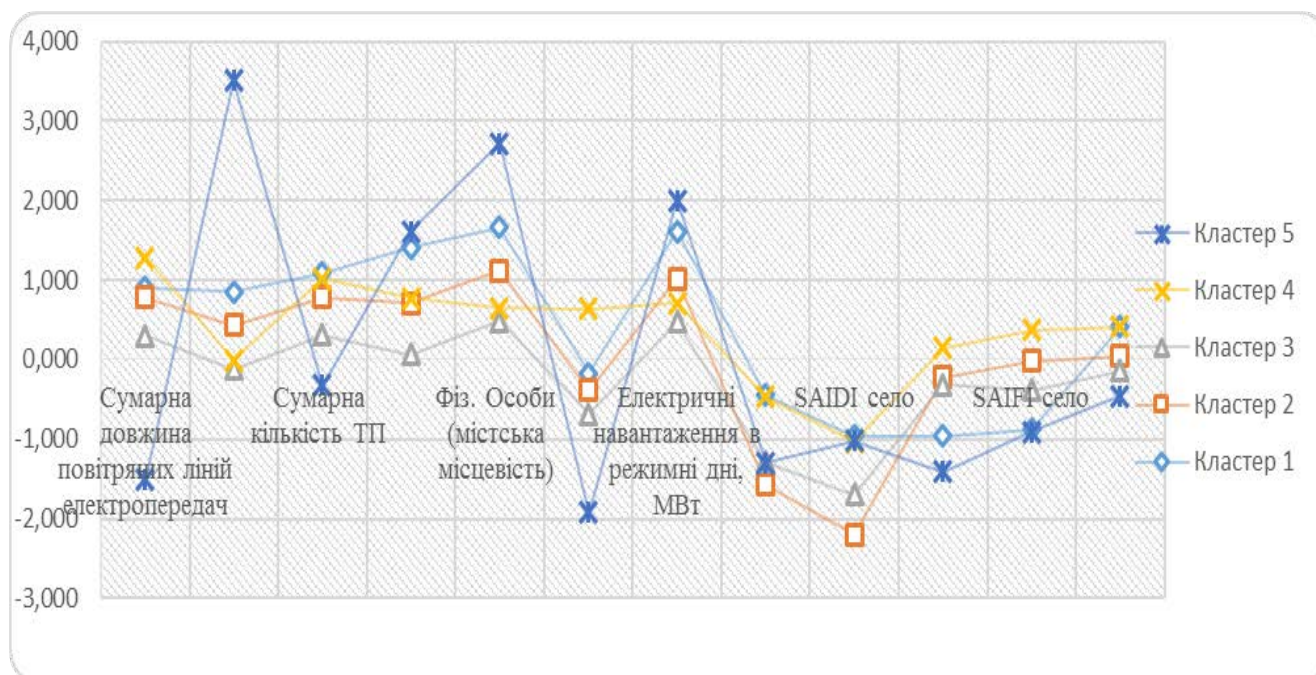


Рисунок. Графік середніх значень відносних показників для кожного кластеру

До першого кластеру увійшли найбільші ЕПО із розгалуженою структурою, та переважанням міського населення над сільським і найбільшою кількістю юридичних осіб(компаній), які можуть бути зацікавлені у надійному електропостачанні. Інтегральні показники надійності кращі, ніж у інших кластерах, що пояснюється кращою надійністю електропостачання на душу населення і розвиненістю кабельних мереж.

Четвертий кластер характеризується розгалуженою структурою ЕПО з переважанням сільського населення над міським. Інтегральні показники надійності одні із найгірших, що пояснюється великою кількістю повітряних ліній.

Кластери 2 та 3 майже не відрізняються за структурами ЕПО які їм притаманні. Проте вони відрізняються за надійністю електропостачання. Електропостачальні організації, що входять до 3 групи, характеризуються більшою тривалістю перерв у електропостачанні, але меншою їх частотою ніж

у 2 групі. Подібні дані свідчать про різний технічний стан кабельних і повітряних мереж електропостачальних компаній у кожній з груп.

У кластер 5 входить лише 1 електропостачальна організація. Це можна пояснити її особливістю, вона займається електропостачанням лише 1 міста Києва що і пояснює її особливості структури та процесу електропостачання.

Таким чином, провівши кластерний аналіз ми отримали 5 цільових груп з електропостачання. Кожна із цільових груп має свої особливості як у структурі електричних мереж, так у структурі електропостачання споживачів, технічного стану електромереж. Подібний розподіл дозволить ефективніше керувати тарифною політикою кожної групи для забезпечення максимальної ефективності процесу електропостачання з урахуванням особливостей кожної з груп. Подібний розподіл дозволить також розпочати ефективне впровадження систем типу OMS.

Висновки

У зв'язку зі зростаючими вимогами до надійності електропостачання, входженням України до Європейського енергетичного співтовариства виникає необхідність переходу до стимулюючого регулювання в електроенергетиці та запровадження нового критерію диференціації тарифів на електричну енергію за рівнем надійності електроспоживання.

Враховуючи особливості постачання електричної енергії, на першому етапі мають бути здійснено дослідження ЕПО щодо особливостей їх структури, технічних характеристик та показників надійності електропостачання та сформовані за обраними показниками відповідні цільові групи (кластери), що дозволить систематизовано та виважено підійти до питання запровадження стимулюючого регулювання.

Список літератури

1. Модели задач оптимизации надежности распределительных электрических сетей: обзор зарубежного опыта / В.В. Зорин, П.Я. Экель, В.А.

Попов, А.А. Петров, В.В. Ткаченко // Электронное моделирование. — 2012 — Т. 34, № 5. — С. 69-89.

2. Звіт центру економічних досліджень ім. О. Разумкова: Національна безпека і оборона №6 (135) 2012 р.

3. Постанова НКРЕКП від 17.02.2011 - №232 Про затвердження форм звітності № 17-НКРЕ (квартальна) „Звіт щодо показників надійності електропостачання” та № 18-НКРЕ (квартальна) „Звіт щодо показників комерційної якості надання послуг” та інструкцій щодо їх заповнення

4. Casuarina Power Outages. Recommendations Regarding Guaranteed Service Level (GSL) Payments [Текст] / Utilities Commission, December 2008.- 18 pp.

5. Папков Б. В. Тарифная политика и надежность электроснабжения в условиях развития рыночных структур / Б. В. Папков // Энергоэффективность: опыт, проблемы, решения. - 2004. - Вып. 3. - С. 17-24.

6. Папков Б.В. Аспекты обеспечения надежности электроснабжения в условиях рынка / Б.В. Папков, М.В. Шарыгин, С.П. Крайнов // Труды Нижегородского государственного технического университета им. Р.Е. Алексеева. - 2010. - № 1 (80). - С. 176-184.

7. Китушин В. Реформирование и надежность электроснабжения / В. Китушин, Ю. Кучеров // Энергорынок. - 2005. - №1. - С.40-47.

8. Непомнящий В. Учет надежности электроснабжения при расчете тарифов / В. Непомнящий, В. Овсейчук [Электронный ресурс] // Новости Электротехники.- 2010.- № 4 (64).- Режим доступа: <http://www.news.elteh.ru/arh/2010/64/04.php>

9. Лукань Л. Застосування кластерного аналізу для оцінки розвитку малого підприємництва в регіонах України / Л. Лукань, Г. Цегелик // Формування ринкової економіки в Україні. – 2009. – Вип. 19. – С. 73–80.

10. Постанова НКРЕКП від 25.07.2013 р № 1015 Про затвердження форм звітності № 11-НКРЕ (квартальна) "Звіт щодо показників надійності електропостачання" та № 12-НКРЕ (квартальна) "Звіт щодо показників комерційної якості надання послуг" та інструкцій щодо їх заповнення.ДК

**ФОРМИРОВАНИЕ ЦЕЛЕВЫХ ГРУПП С НАДЕЖНОСТИ
ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ СТИМУЛИРУЮЩЕГО
РЕГУЛИРОВАНИЯ ТАРИФОВ НА ЭЛЕКТРОЭНЕРГИЮ**

Ю. С. Сайчук, А. И. Замулко

Аннотация. Для обеспечения интеграции объединенной энергосистемы Украины (ОЭСУ) с объединенной энергосистемой Европы (ENTSO-T) необходимо обеспечить выполнение требований европейского законодательства в сфере энергетики, в частности требований 3 энергетического пакета. Для успешного объединения двух энергосистем, улучшения технического состояния распределительных электросетей и качества электроснабжения в соответствии с требованиями европейского законодательства предложено использование стимулирующего регулирования в электроэнергетике.

Ключевые слова: *Outage management system (OMS), кластеризация, SAIDI, SAIFI, WTA, WTP.*

**FORMING A TASK FORCE WITH A RELIABLE POWER
SUPPLY FOR THE INTRODUCTION OF INCENTIVE REGULATION
OF TARIFFS ELECTRICITY**

Y. Saychuk, A. Zamulko

Annotation. To ensure the integration of the united energy system of Ukraine (UESU) with a united energy system of Europe (ENTSO-T) it's necessary to provide compliance with European legislation in the field of energy, including the requirements of 3 Energy Package. For the successful association of the two energy systems, improving the technical condition of electricity distribution and power quality, according to the requirements of European legislation, proposed using incentive regulation in the electricity sector.

Key words: *Outage management system (OMS), clustering, SAIDI, SAIFI, WTA, WTP.*