

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ОСНОВНИХ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ ЩОДО ЯКОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Трунова І. М., Лебедєва Я. А.

Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка

Пропонуються порівняльні таблиці з термінами та нормами основних нормативних документів щодо якості електричної енергії. Виявлені недоліки нових нормативних документів, які необхідно усунути в їхніх наступних перевиданнях.

Постановка проблеми. В основних нормативних документах щодо якості електричної енергії (ЯЕ) [1-3] є різні формулювання термінів, та різні вимоги до норм ЯЕ, що потребують відповідного узагальнення для зручності практичного використання цих документів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В [4] відмічалось, що в Україні чинні нормативні документи [1,3], вимоги яких суперечні між собою. Приведені деякі приклади, але не зроблений узагальнений аналіз цих протиріч.

Порівняльний аналіз відмінностей ГОСТ 13109-97 [1] та ДСТУ EN 50160:2010 зроблений в [5], але розглядалися лише питання стосовно номінальної напруги мережі низької напруги та визначення точки, де вимірюють показники якості електричної енергії. Крім того, в Україні в жовтні 2014 року ДСТУ EN 50160:2010 втратив чинність з моменту набрання чинності ДСТУ EN 50160:2014 [3].

Метою даної роботи є порівняння та узагальнення термінів та вимог основних нормативних документів щодо ЯЕ для зручності практичного використання цих документів.

Основні матеріали. В договорах, що укладаються між постачальником електричної енергії та споживачем, мають відобразитися зобов'язання постачальника щодо забезпечення стандартних характеристик напруги. Для виконання цих зобов'язань, електропостачальна організація, насамперед, має контролювати ЯЕ, аналізувати результати контролю, розробляти та впроваджувати заходи щодо нормалізації ЯЕ. Всі ці дії базуються на основних нормативних документах, чинних в Україні [1-3]. Аналіз цих документів дозволив узагальнити деякі відмінності, насамперед, в термінології, що в них використовується.

В таблиці 1 приведені основні терміни щодо ЯЕ за [1-3]. Терміни [1] приведені в таблиці 1 мовою оригіналу ([1] – міждержавний стандарт, виданий російською мовою). При цьому за [1] норми ЯЕ є рівнями електромагнітної сумісності для кондуктивних електромагнітних завод та підлягають включенню в технічні умови на приєднання споживачів електричної енергії та у договори на користування електричною енергією. А в [3] приведені характеристики напруги, що є нормами або значеннями, у межах яких можна знайти очікувані характеристики напруги. Вони не призначені для використання як рівні електромагнітної сумісності або допустимі норми емісії кондуктивних збурень для користувача, підключеного до електричної мережі загальної призначеності. Але також

мають вказуватися в договорах між користувачем мережею електропостачання та оператором електричної мережі.

Серед нових термінів, що з'явилися в національному стандарті ДСТУ EN 50160:2014 порівняно з ГОСТ 13109-97 слід відмітити такий, як "заявлена напруга". У нормальних робочих умовах, за винятком періодів, під час котрих відбувались переривання напруги, змінення напруги не повинні перевищувати $\pm 10\%$ від величини номінальної (заявленої) напруги U_n (U_c). В умовах, коли електричну енергію постачають електромережі без зв'язку з ОЕС чи до особливо віддалених користувачів мережею, змінення напруги не повинні перевищувати $+10\%/-15\%$ від U_n (U_c) [3].

Заявлена напруга U_c погоджується для середньої напруги електропостачання. Це значення напруги електропостачання, яке погодили між собою оператор розподільчої електричної мережі та користувач мережі електропостачання (звичайно заявленою напругою електропостачання визначають номінальну напругу U_n розподільчої мережі, але за згодою між оператором розподільчої електричної мережі та користувачем вона може мати інше значення). Саме таке визначення приводиться у стандарті ДСТУ EN 50160:2014 (розділ 3 "Терміни та визначення понять"). Але при цьому в тексті стандарту (п.5.2.2.1) використовується і синонім "декларована": "від величини декларованої напруги U_c ".

Норми, що приведені в ГОСТ 13109-97 [1] та ДСТУ EN 50160:2014 [3], також відрізняються одна від одної. Питання щодо пріоритетності використання та забезпечення тих чи інших норм в умовах чинності в Україні обох стандартів розглядалося в [4]. Для зручності орієнтування у вимогах стандартів ГОСТ 13109-97 та ДСТУ EN 50160:2014 ці норми приведені в таблиці 2.

Примітка* - в таблиці 2 не приведені норми стандарту ГОСТ 13109-97, яких немає в стандарті ДСТУ EN 50160-2014, а саме:

- P_{St} має бути не більше 1,38 (або 1 - для приміщень з лампами розжарювання і там, де необхідні значні зорові зусилля) протягом 100 % часу вимірювання;

- K_{OU} має бути не більше 2% протягом 95% часу вимірювання та 4% протягом 100 % часу вимірювання від напруги прямої послідовності (основного складника);

- Δt_n має бути в електричних мережах до 20 кВ включно не більше 30 с протягом 100 % часу вимірювання.

Таблиця 1 – Терміни та умовні позначення за [1-3]

ГОСТ 13109-97	СОУ-Н ЕЕ 40.1-37471933-55:2011	ДСТУ EN 50160:2014
1	2	3
установившееся отклонение напряжения δU_y	усталене відхилення напруги δU_{y-} , від'ємний відхил напруги δU_{y-} (underdeviation), позитивний відхил напруги δU_{y+} (overdeviation)	змінення напруги (voltage variation)
отклонение частоты Δf	відхил частоти Δf	частота напруги електропостачання (frequency of the supply voltage)
коэффициент искажения синусоидальности кривой междуфазного (фазного) напряжения K_U	коефіцієнт спотворення синусоїдальної кривої напруги K_U	сумарний коефіцієнт гармонічних спотворень СКГС (\overline{NEAN})
коэффициент n-ой гармонической составляющей напряжения $K_{U(n)}$	коефіцієнт n-го гармонічного складника напруги $K_{U(n)}$	відносна амплітуда напруги окремої гармоніки U_h
коэффициент несимметрии напряжений по нулевой последовательности K_{0U}	коефіцієнт несиметрії напруг за нульової послідовності K_{0U}	-
коэффициент несимметрии напряжений по обратной последовательности K_{2U}	коефіцієнт несиметрії напруг за зворотної послідовності K_{2U}	напруга зворотної послідовності (основного складника)
доза фликера P_t	доза флікера	показник флікера (flicker severity)
кратковременная доза фликера P_{St}	короткочасна доза флікера P_{St}	показник короткочасного флікера P_{st} (short term severity)
длительная доза фликера P_{Lt}	тривала доза флікера P_{Lt}	показник довгочасного флікера P_{lt} (long term severity)
размах изменения напряжения δU_t	-	швидкі зміни напруги
длительность провала напряжения Δt_n	тривалість провалу напруги	тривалість провалу напруги (voltage dip duration)
-	залишкова напруга $U_{зал}$ (residual voltage U_{res})	залишкова напруга провалу (voltage dip residual voltage)
глубина провала напряжения	граничне значення провалу напруги (dip threshold)	поріг початку провалу напруги (voltage dip start threshold), поріг закінчення провалу напруги (voltage dip end threshold)
коэффициент временного перенапряжения $K_{пер U}$	-	-
длительность перенапряжения	тривалість перенапруги	тривалість перенапруги (voltage swell duration)
максимальное значение напряжения	максимальне значення напруги	поріг початку перенапруги (voltage swell start threshold), поріг закінчення перенапруги (voltage swell end threshold)
импульсное напряжение $U_{имп}$	стрибок напруги, імпульсна перенапруга (voltage step, pulse voltage surge)	перенапруги перехідного процесу (transient overvoltage)
-	напруга сигналів у електричних мережах	напруга сигналів у мережах електропостачання (mains signaling voltage)
-	граничне значення переривання напруги (interruption threshold)	переривання в електропостачанні (supply interruption)

Таблиця 2 – Норми ЯЕ за ГОСТ 13109-97* та ДСТУ EN 50160-2014

ГОСТ 13109-97					ДСТУ EN 50160-2014		
δU_v							
протягом 95% часу вимірювання $\pm 5\%$ від U_n та протягом 100 % часу вимірювання $\pm 10\%$ від U_n					$\pm 10\%$ від U_n (Uc). В умовах, коли електричну енергію постачають електромережі без зв'язку з ОЕС чи до особливо віддалених користувачів мережею, змінення напруги не повинні перевищувати $+10\%/-15\%$ від U_n (Uc).		
$\delta U_v + \delta U_t$					δU_t		
НН: протягом 100 % часу вимірювання $\pm 10\%$ від U_n					НН: 5% від U_n та короткочасно 10% від U_n СН: 4% від U_n та короткочасно 6% від U_n		
P_{Lt}							
1 (0,74 - для приміщень з лампами розжарювання та там, де необхідні значні зорові зусилля) протягом 100 % часу вимірювання					1 протягом 100% часу вимірювання		
K_{2U}							
протягом 95% часу вимірювання 2% та протягом 100 % часу вимірювання 4% від напруги прямої послідовності (основного складника).					протягом 95 % часу вимірювання 2 % та протягом 100 % часу вимірювання 3 % від напруги прямої послідовності (основного складника).		
Δf					f		
протягом 95 % часу вимірювання $\pm 0,2$ Гц та протягом 100 % часу вимірювання $\pm 0,4$ Гц					- для систем, які синхронно підключено до ОЕС: 50 Гц $\pm 1\%$ протягом 99,5 % часу за рік; 50 Гц $+4\%/-6\%$ протягом 100 % часу вимірювання; - для систем, які без синхронного підключення до ОЕС: 50 Гц $\pm 2\%$ протягом 95 % часу за тиждень; 50 Гц $\pm 15\%$ протягом 100 % часу вимірювання.		
$K_{U(n)}$					СКГС (NEAN)		
протягом 95 % часу вимірювання					8% протягом 95 % часу за тиждень		
0,38 кВ		8,0 %					
6-20 кВ		5,0 %					
35 кВ		4,0 %					
110-330 кВ		2,0 %					
протягом 100 % часу вимірювання							
0,38 кВ		12,0 %					
6-20 кВ		8,0 %					
35 кВ		6,0 %					
110-330 кВ		3,0 %					
K_U					U_h		
n	НН	СН		ВН	НН	СН	ВН
		6-10, кВ	35 кВ				
Непарні гармоніки не кратні 3 (протягом 95 % часу вимірювання)							
5	6,0%	4,0%	3,0%	1,5%	6,0%	6,0%	5,0%
7	5,0%	3,0%	2,5%	1,0%	5,0%	5,0%	4,0%
11	3,5%	2,0%	2,0%	1,0%	3,5%	3,5%	3,0%
13	3,0%	2,0%	1,5%	0,7%	3,0%	3,0%	2,5%
17	2,0%	1,5%	1,0%	0,5%	2,0%	2,0%	-
19	1,5%	1,0%	1,0%	0,4%	1,5%	1,5%	-
23	1,5%	1,0%	1,0%	0,4%	1,5%	1,5%	-
25	1,5%	1,0%	1,0%	0,4%	1,5%	1,5%	-
>25	0,2+ +1,3x x25/n%	0,2+ +0,8x x25/n%	0,2+ +0,6x x25/n%	0,2+ +0,2x x25/n%	-	-	-
Непарні гармоніки кратні 3 (протягом 95 % часу вимірювання)							
3	5,0%	3,0%	3,0%	1,5%	5,0%	5,0%	3,0%
9	1,5%	1,0%	1,0%	0,4%	1,5%	1,5%	1,3%
15	0,3%	0,3%	0,3%	0,2%	0,5%	0,5%	0,5%
21	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,5%	0,5%	0,5%
>21	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	-	-	-
Парні гармоніки (протягом 95 % часу вимірювання)							
2	2,0%	1,5%	1,0%	0,5%	2,0%	2,0%	1,9%
4	1,0%	0,7%	0,5%	0,3%	1,0%	1,0%	1,0%
6	0,5%	0,3%	0,3%	0,2%	0,5%	0,5%	0,5%
8	0,5%	0,3%	0,3%	0,2%	0,5%	0,5%	0,5%
10	0,5%	0,3%	0,3%	0,2%	0,5%	0,5%	0,5%
12	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,5%	0,5%	0,5%
>12	0,2%	0,2%	0,2%	0,2%	0,5%	0,5%	0,5%

Крім того, що стосується непарних гармонік кратних 3, то за [1] нормально допустимі значення, які приведені для $n=3$ та $n=9$, відносяться до однофазних електричних мереж, а в трифазних трипровідних електричних мережах ці значення приймають вдвічі меншими за тих, що приведені у таблиці 2.

Також слід відмітити, що в таблиці 2 приведені норми ДСТУ EN 50160-2014 [3] щодо змінення низької напруги електропостачання.

Що стосується середньої напруги електропостачання, то в цьому розділі є також протиріччя, але вже в нормах самого стандарту ДСТУ EN 50160-2014.

Відповідно до п. 5.2.2.2 [3] жодне усереднене на 10-ти хвилинному проміжку середньоквадратичне значення напруги електропостачання не має бути за межами $\pm 15\%$ від U_c .

Однак, для середньої напруги вимоги (п.5.2.2.1) такі ж, як і для низької напруги - змінення напруги в межах діапазону $+10\%/-15\%$ від U_c (U_n для низької напруги) для умов, коли електричну енергію постачають електромережі без зв'язку з ОЕС чи до особливо віддалених користувачів мережею (або тимчасово на строк, який необхідний для розв'язання проблеми щодо нормалізації змінення напруги).

Таким чином, незрозуміло який з пунктів стандарту вірний. Тобто, незрозуміло, можливі лі змінення середньої напруги в межах до $+15\%$.

Незрозуміла і норма стандарту [3] щодо сумарного коефіцієнту гармонічних спотворень СКГС (\overline{NEAN}) та відносної амплітуди напруги окремої гармоніки U_h .

За нормальних робочих умов протягом кожного тижневого періоду 95% середньоквадратичних значень напруги кожної гармоніки, усереднених на 10-ти хвилинному проміжку, мають бути меншими чи рівними значенням, що їх наведено в таблиці 2. Це стосується і коефіцієнта гармонічних спотворень СКГС (\overline{NEAN}) - протягом кожного тижневого періоду 95% значень мають бути меншими чи рівними 8%. А яким має бути коефіцієнт гармонічних спотворень СКГС (\overline{NEAN}) та відносна амплітуда напруги окремої гармоніки U_h 5% тижневого періоду, що залишилися? В ДСТУ EN 50160-2014 [3] немає, як є в ГОСТ 13109-97, гранично допустимих норм для коефіцієнту спотворення синусоїдальної кривої напруги K_U . А для $K_{U(n)}$ в [1] використовується формула для визначення гранично допустимих значень

$$K_{U(n)} = 1,5 K_{U(n)норм}, \quad (1)$$

де $K_{U(n)норм}$ — нормально допустиме значення коефіцієнта n -го гармонічного складника напруги, що визначається за табл.2.

Таким чином, в ДСТУ EN 50160-2014 [3] не вказано граничні короточасні значення коефіцієнту гармонічних спотворень СКГС (\overline{NEAN}) та відносної амплітуди напруги окремої гармоніки U_h , що потребує виправлення.

Методика вимірювання якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначен-

ня [4] також потребує вдосконалення внаслідок необхідності врахування норм ДСТУ EN 50160-2014.

Висновок. На основі проведеного аналізу запропоновані порівняльні таблиці з термінами та нормами основних нормативних документів щодо якості електричної енергії, які можуть бути корисними для практичного використання цих документів. Виявлені недоліки нових нормативних документів, які необхідно усунути в їхніх наступних перевиданнях.

Список використаних джерел

1. Электрическая энергия. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения: ГОСТ 13109-97. [Введ.01.01.2000]. – К.: Изд-во стандартов, 1998; Госстандарт Украины, с доп. и попр., 1999. – 31 с.
2. Методика вимірювання якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення: СОУ-Н ЕЕ40.1-37471933-55:2011 [Чинна з 31.10.2011]. - К.: Міненерговугілля, 2012. – 98 с.
3. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності: ДСТУ EN 50160:2014 (EN 50160:2010, IDT). [Чинний з 1.10.2014]. - К.: Держстандарт України, 2014. – 27 с.
4. Трунова І. М. Деякі питання щодо застосування ДСТУ EN 50160:2014/ І. М. Трунова, О. М. Мороз // Праці ТДАТУ. - 2015. – Вип.15., Т.2. – С. 328-331. – Бібліогр.: с. 331.
5. Жаркин А. Ф. Нормативные и технические аспекты обеспечения стандартных характеристик напряжения в системах электроснабжения Украины/ А. Ф. Жаркин, В. А. Новский, С. А. Палачев // Вісник НТУ "ХП". - 2012. - № 52 (958). – С. 34-38.

Аннотация

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ ПО КАЧЕСТВУ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Трунова И. М., Лебедева Я. А.

Предлагаются таблицы с терминами и нормами основных нормативных документов по качеству электрической энергии. Выявлены недостатки новых нормативных документов, которые необходимо устранить в их последующем переиздании.

Abstract

THE COMPARATIVE ANALYSIS OF THE BASIC NORMATIVE DOCUMENTS ABOUT POWER QUALITY

I. Trunova, Y. Lebedeva

Tables with terms and rates of the basic normative documents about power quality are offered. Shortcomings of new normative documents are revealed, error correction in subsequent reprinting of the normative documents is offered.