

**РЕЖИМИ ВЗАЄМОВПЛИВУ В СИСТЕМАХ ГРУПОВОГО ЖИВЛЕННЯ І
КЕРУВАННЯ МЕХАНІЗМАМИ З ЦИКЛІЧНО-НЕСТАБІЛЬНИМИ
НАВАНТАЖЕННЯМИ**

Вступ. Електромагнітна сумісність, яка визначається показниками взаємовпливу в системах групового живлення і керування установками (механізмами), суттєво впливає на функціонування і експлуатаційні характеристики їх, з одного боку, і на якість параметрів системи живлення, з іншого. Особливо це стосується групових систем електроприводу з циклічно-нестабільними навантаженнями, коли комутаційні інтервали окремих перетворювачів можуть співпадати, або ж не співпадати, що і потребує оцінки показників взаємовпливу в реально діючих технологічних комплексах.

Постановка задач дослідження. Робота групи перетворювальних пристроїв пов'язана з комутаційними процесами, які є нетривалими міжфазними короткими замиканнями [1,2], що впливає на спотворення напруги мережі живлення і, відповідно, на вихідну напругу сусідніх перетворювачів. В [1] досліджено природу комутаційних спотворень та спрощена методика їх розрахунку, а у роботі [2] розглянуті комутаційні спотворення при роботі двох перетворювачів на одну мережу. Дослідження впливу більшої кількості перетворювачів на мережу живлення для групи турбомеханізмів проводилися в [3], в ній також була запропонована методика розрахунку вказаних спотворень для групового електроприводу. Особливе зацікавлення викликає дослідження групового електроприводу прокатного виробництва завдяки великій кількості встановлених перетворювачів та настійного навантаження. Отже, задачею цієї праці є дослідження комутаційних спотворень на прикладі стану МС – 250/150 – 6 ВАТ «АРСЕЛОР МІТТАЛ КРИВИЙ РІГ».

Матеріал та результати досліджень. На прокатному стані МС – 250/150 – 6 чорнова група клітей живиться від секції №1 підстанції МСС-6 (трансформатор Т2 підстанції КР3-12), проміжна і чистова групи клітей живляться від секцій №2 №3 підстанції МСС-6 (трансформатор Т1 підстанції КР3-12). Враховуючи вище вказане, спотворення напруги мережі слід розраховувати окремо для кожного трансформатора підстанції КР3-12.

Прокат різного профілю характеризується умовами роботи, наведеними в табл.1.

Таблиця 1

Вихідні дані перетворювальних пристроїв електроприводів прокатних клітей прокатного стану МС – 250/150 – 6

Профіль, мм	№ кліті	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
6,5	$I_d, В$	270	250	250	400	650	600	600	750	1100	800	1000	400	500	550	900	1100	800	600	400	500
	$\alpha, ел.гр.$	70	70	69	70	70	73	71	70	74	74	70	66	58	58	57	57	57	50	53	48
6,0	$I_d, В$	70	160	400	300	550	550	500	650	900	650	850	370	420	450	650	850	600	300	250	400
	$\alpha, ел.гр.$	58	66	66	62	66	67	70	66	72	80	66	59	51	48	50	56	53	48	49	48
5,5	$I_d, В$	100	250	500	400	650	600	550	650	950	650	970	400	650	400	850	900	700	550	300	500
	$\alpha, ел.гр.$	70	71	72	70	70	74	70	70	76	73	70	66	61	57	57	57	57	50	48	48

Як було зазначено вище, робота перетворювальних пристроїв викликає спотворення напруги мережі живлення. Для оцінки спотворення напруги користуються загальновідомим коефіцієнтом несинусоїдності, який визначається за виразом:

$$K_{nc} = \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^{\infty} U_{(k)}^2}}{U_{(1)}} \cdot 100 \approx \frac{\sqrt{\sum_{k=2}^p U_{(k)}^2}}{U_{ном}} \cdot 100, \quad (1)$$

де $U_{(k)}$ – діюче значення напруги k -ї гармоніки; p – номер останньої із врахованих гармонік.

В джерелах [1–3] комутаційні спотворення розраховувалися, виходячи зі знаходження напруги спотворення ΔU_c . Дослідження гармонічного складу цієї напруги показує, що її складові сумірні (рис. 2). Виходячи з останнього, можна зробити висновок, що перша гармоніка напруги спотворення теж вносить спотворення в напругу живлення. Таким чином, використання коефіці-

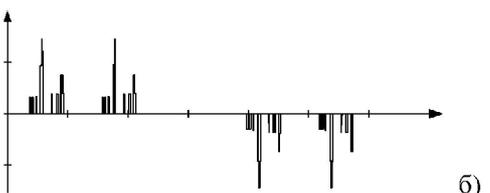
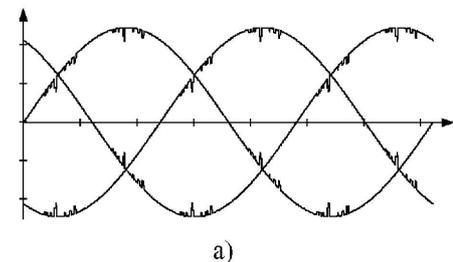


Рис. 1. Спотворена напруга мережі живлення (а) та напруга спотворення (б)

енту несинусоїдності за (1) в розглянутому випадку не зовсім коректне. Автори роботи пропонують використувати діюче значення напруги спотворення ΔU_c по відношенню до діючої напруги мережі живлення $U_{ном}$ (рис. 3), який більш повно охарактеризує процес спотворення напруги живлення, викликаний комутацією в перетворювачах.

Отже вираз

$$\frac{\Delta U_c}{U_{ном}} \cdot 100 \sim k_c \quad (2)$$

в розглянутому випадку буде еквівалентом коефіцієнту спотворення.

Розрахунок коефіцієнтів Фур'є гармонік напруги спотворення розраховувався за виразами з [3]:

$$A_{\Delta U}(k) = \sum_{\tau=1}^{2N-1} A^{(k)}_{\Delta U}(a_{\tau}, \omega_{\tau} - \pi/6, \omega_{\tau+1} - \omega_{\tau});$$

$$B_{\Delta U}(k) = \sum_{\tau=1}^{2N-1} B^{(k)}_{\Delta U}(a_{\tau}, \omega_{\tau} - \pi/6, \omega_{\tau+1} - \omega_{\tau}), \quad (3)$$

де

$$A^{(k)}_{\Delta U_i}(a_{\tau}, \omega_{\tau} - \pi/6, \omega_{\tau+1} - \omega_{\tau}) = \frac{a_{\tau} \sqrt{3} U_m \sin \frac{k\pi}{3} (1 - \cos k\pi)}{\pi} \left\{ \frac{\sin(k+1) \frac{\gamma_i}{2} \cdot \sin(k+1) \left(\alpha_i + \frac{\gamma_i}{2} + \frac{\pi}{2} \right)}{k+1} + \frac{\sin(k-1) \frac{\gamma_i}{2} \cdot \sin(k-1) \left(\alpha_i + \frac{\gamma_i}{2} + \frac{\pi}{2} \right)}{k-1} \right\};$$

$$B^{(k)}_{\Delta U_i}(a_{\tau}, \omega_{\tau} - \pi/6, \omega_{\tau+1} - \omega_{\tau}) = \frac{a_{\tau} \sqrt{3} U_m \sin \frac{k\pi}{3} (1 - \cos k\pi)}{\pi} \left\{ \frac{\sin(k+1) \frac{\gamma_i}{2} \cdot \cos(k+1) \left(\alpha_i + \frac{\gamma_i}{2} + \frac{\pi}{2} \right)}{k+1} + \frac{\sin(k-1) \frac{\gamma_i}{2} \cdot \cos(k-1) \left(\alpha_i + \frac{\gamma_i}{2} + \frac{\pi}{2} \right)}{k-1} \right\}.$$

Діюче значення напруги спотворення визначається безпосереднім інтегруванням $\Delta u_c(\omega)$

$$\Delta U_c = \sqrt{\frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \Delta u_c(\omega) d\omega}, \quad (4)$$

або через її гармоніки:

$$\Delta U_c = \sqrt{\sum_{k=1}^p \Delta U_c^2(k)}. \quad (5)$$

Кількість врахованих гармонік p повинна бути досить великою, так як гармоніки напруги спотворення сумірні між собою (рис. 2).

Висновок. Запропонований підхід і отримані результати розрахунків вказують на те, що в умовах роботи групи установок (механізмів) з циклічно-нестабільними навантаженнями (на прикладі неперервного прокатного стану) визначення показників взаємовпливу за виразом діючого значення напруги спотворення ΔU_c більш інформативне у порівнянні з коефіцієнтом несинусоїдності $K_{нс}$.

Література.

1. Шипилло В.П. Влияние тиристорного электропривода на питающую сеть // Электротехническая промышленность. Электропривод. – 1970. – №1. – С. 5 – 10.
2. Высочанский В.С. Искажение формы напряжения сети при коммутации тока в мостовых выпрямителях // Электричество. – 1973. – №4. – С. 15 – 21.
3. Синолицый А.Ф., Кольсун В.А. Электромагнитная совместимость в системах питания и управления группой турбомеханизмов. // Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету. – 2005 р. – №3(32). – С. 46 – 50.

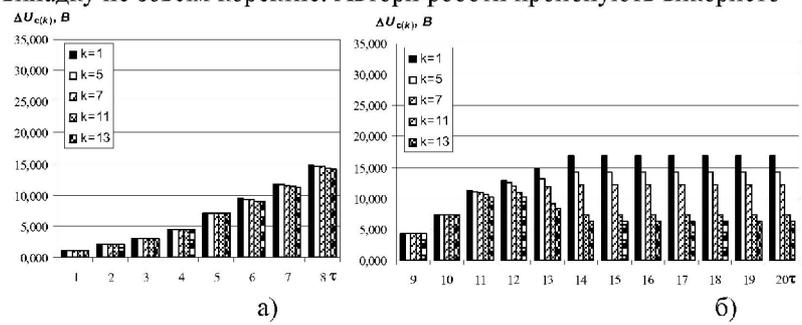


Рис. 2. Гармоніки напруги спотворення для профілю 6,5 мм

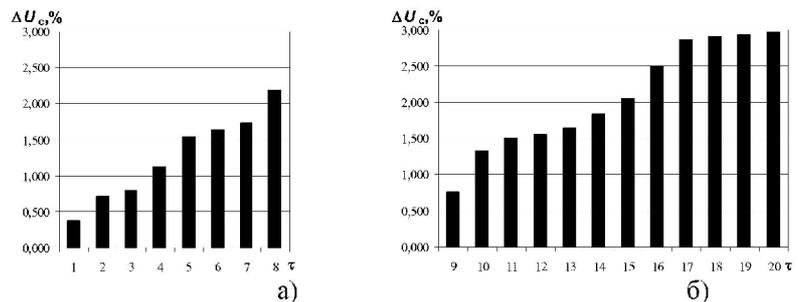


Рис. 3. Діюче значення напруги спотворення для профілю 6,5 мм