

## ОСОБЛИВОСТІ КОНТРОЛЮ ІМПУЛЬСНИХ СПЛЕСКІВ ТА ПРОВАЛІВ СИГНАЛІВ ПРОМИСЛОВОЇ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ

© Дороніна О.М., Лавров Г.М., Хомич С.В., 2004

**Досліджено особливості контролю імпульсних завад промислової електромережі. Подано алгоритми виявлення поодиноких імпульсних сплесків та провалів електричних сигналів, їх пар та серій.**

**Presents the analyzed pulse noise control of the power network peculiarities. Also there are introduced the single, couple and multiple pulse splashes and undershoots revelation algorithms.**

**Вступ.** Підвищення вимог до виробників електроенергії, з одного боку, та посилення контролю за впливом на якість електроенергії її споживачів, з іншого, робить необхідним, нарівні з моніторингом інтегральних величин промислової електромережі, контроль форми кривих електричних сигналів у фазах, зокрема, дослідження імпульсних сплесків та провалів рівня їх поточних миттєвих значень. Аналіз імпульсних завад в промислових умовах базується на визначенні їх статистичних характеристик: функції розподілу амплітуди, середньої частоти появи, середньої тривалості та функції розподілу тривалості завад упродовж контрольних проміжків часу [1], що потребує реєстрації моментів появи, закінчення та екстремумів імпульсних сплесків та провалів контрольованих сигналів, контролю наявності та кількості їх пар та серій.

В існуючих сьогодні аналізаторах імпульсних завад для промислових умов визначення статистичних характеристик завад виконується на основі реєстрації випадків виходу миттєвих значень контрольованих сигналів за заданий діапазон. При цьому не забезпечується контроль імпульсних сплесків та провалів у межах цього діапазону, які спостерігається в реальній електромережі і можуть суттєво впливати на якість електричних сигналів. Крім того, визначення параметрів виявлених сплесків та провалів сигналів є приблизним через заміну вимірювання рівнів їх початку, вершин та закінчення, знаходження моментів виникнення та тривалості, на визначення моментів переходу контрольованими імпульсами через рівні аналізу і часу перевищення імпульсами цих рівнів.

**Дослідження імпульсних сплесків та провалів електричних сигналів у сталому режимі.** Аналіз нормативних документів по завадах промислової електромережі з погляду забезпечення надійності функціонування електрообладнання [1] показує, що на роботу таких систем у сталому режимі промислової мережі можуть впливати як імпульсні сплески, так і провали електричних сигналів, що виникають поодинокі, парами або серіями.

Рівні вершин і хоча б по одному з рівнів кінцевих точок імпульсних сплесків і провалів електричного сигналу можуть бути визначені як екстремуми цього сигналу відомими способами, найбільш перспективним з яких сьогодні є спосіб, оснований на цифровому диференціюванні досліджуваного сигналу, коли екстремум і його характер визначається по зміні знака різниці між кодами миттєвих значень електричного сигналу у сусідніх точках його дискретизації [2]. Однак при цьому необхідне виключення хибної інформації про імпульси в моменти проходження сигналу через свої амплітудні значення і знаходження можливості чіткого розмежування моментів початку, вершин і закінчення імпульсних завад та визначення їх тривалості.

Швидке наростання фронту імпульсних завад відносно наростання корисного сигналу робить доцільним визначення моменту початку чергового імпульсу завади щодо виконання умови перевищення прирощенням  $\Delta\xi$  контрольованого сигналу за крок  $\Delta t$  його дискретизації деякого граничного значення  $\Delta\xi_0$ , більшого за максимально можливе прирощення сигналу без завад за той самий час:

$$|\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0. \quad (1)$$

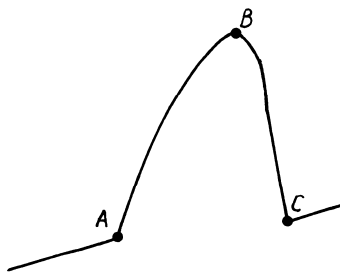
При цьому визначення вершини імпульсу буде спиратися на зміну знака прирощення  $\Delta\xi$  сигналу на поточному кроці дискретизації після виконання умови (1):

$$\text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Var}. \quad (2)$$

Момент закінчення імпульсу визначатиметься виконанням умови зменшення  $\Delta\xi$  щодо граничного значення:

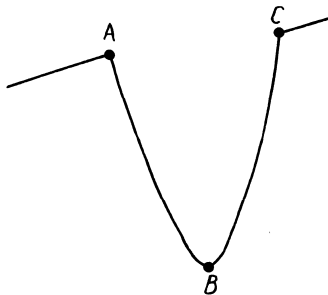
$$|\Delta\xi| < \Delta\xi_0, \quad (3)$$

після обов'язкового виконання умов (1) і (2) у такій послідовності (1), (2), (1) (рис. 1).



- A:  $|\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0, \text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Const}$   
A-B:  $|\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0$  чи  $|\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0 \rightarrow |\Delta\xi| < \Delta\xi_0,$   
 $\text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Const}$   
B:  $\text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Var}, |\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0$  чи  $|\Delta\xi| < \Delta\xi_0$   
B-C:  $|\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0$  чи  $|\Delta\xi| < \Delta\xi_0 \rightarrow |\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0,$   
 $\text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Const}$   
C:  $|\Delta\xi| < \Delta\xi_0, \text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Var}$

a



- A:  $|\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0, \text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Var}$   
A-B:  $|\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0$  чи  $|\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0 \rightarrow |\Delta\xi| < \Delta\xi_0,$   
 $\text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Const}$   
B:  $\text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Var}, |\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0$  чи  $|\Delta\xi| < \Delta\xi_0$   
B-C:  $|\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0$  чи  $|\Delta\xi| < \Delta\xi_0 \rightarrow |\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0,$   
 $\text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Const}$   
C:  $|\Delta\xi| < \Delta\xi_0, \text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Const}$

б

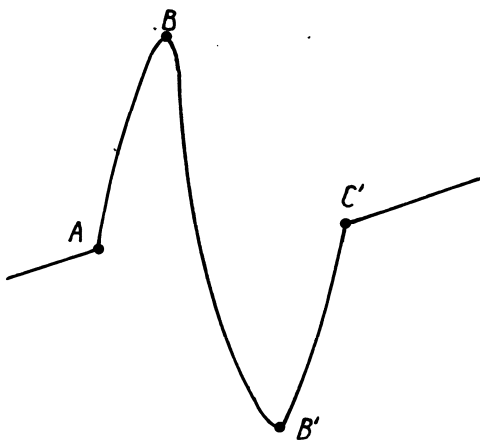
Рис. 1. Імпульси сплеску (а) та провалу (б) електричного сигналу

Визначення характерних точок складових пари імпульсів (рис. 2) може бути здійснено аналогічно, за розглянутою вище послідовністю виконання умов (1)–(3) для кожного складового імпульсу із збіганням повторного виконання умови (1) для першого складового імпульсу пари з первісним виконанням цієї самої умови для другого її складового імпульсу. Однак у цьому випадку умова переходу через вершину для другого складового імпульсу пари (наприклад, в точці В' на рис. 2, а) може повністю збігатися з умовою закінчення поодинокого імпульсу (наприклад, в точці С на рис. 1, а). Тому з метою розрізнення таких точок має виконуватися додаткова умова, за якою поточна точка є вершиною другого складового імпульсу пари, якщо час  $\tau$  виконання умови (3) після цієї точки є меншим за тривалість  $\tau_i$  зафіксованого імпульсу завади:

$$|\Delta\xi| < \Delta\xi_0 \text{ упродовж } \tau, \text{ де } \tau < \tau_i. \quad (4)$$

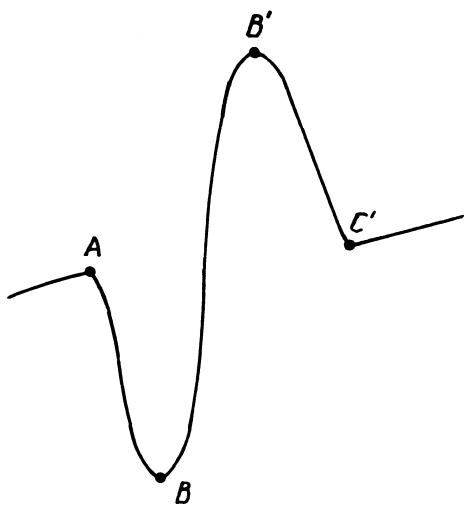
У протилежному разі зазначена точка буде визначати закінчення поодинокого імпульсу.

Що ж стосується серій імпульсів завади, то вони можуть контролюватися аналогічно парам імпульсів з перевіркою умови (4) для очікуваної вершини кожного поточного імпульсу.



- A:  $|\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0, \text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Const}$   
 A-B:  $|\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0$  чи  $|\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0 \rightarrow |\Delta\xi| < \Delta\xi_0,$   
 $\text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Const}$   
 B:  $\text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Var}, |\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0$  чи  $|\Delta\xi| < \Delta\xi_0$   
 B-B':  $|\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0$  чи  $|\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0 \rightarrow |\Delta\xi| < \Delta\xi_0,$   
 чи  $|\Delta\xi| < \Delta\xi_0 \rightarrow |\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0,$  чи  
 $|\Delta\xi| < \Delta\xi_0 \rightarrow |\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0 \rightarrow |\Delta\xi| < \Delta\xi_0,$   
 $\text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Const}$   
 B':  $\text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Var}, |\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0$  чи  $|\Delta\xi| < \Delta\xi_0$   
 B'-C':  $|\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0$  чи  $|\Delta\xi| < \Delta\xi_0 \rightarrow |\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0,$   
 $\text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Const}$   
 C':  $|\Delta\xi| < \Delta\xi_0, \text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Const}$

a



- A:  $|\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0, \text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Var}$   
 A-B:  $|\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0$  чи  $|\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0 \rightarrow |\Delta\xi| < \Delta\xi_0,$   
 $\text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Const}$   
 B:  $\text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Var},$   
 $|\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0$  чи  $|\Delta\xi| < \Delta\xi_0$   
 B-B':  $|\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0$  чи  $|\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0 \rightarrow |\Delta\xi| < \Delta\xi_0,$   
 чи  $|\Delta\xi| < \Delta\xi_0 \rightarrow |\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0,$  чи  
 $|\Delta\xi| < \Delta\xi_0 \rightarrow |\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0 \rightarrow |\Delta\xi| < \Delta\xi_0,$   
 $\text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Const}$   
 B':  $\text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Var}, |\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0$  чи  $|\Delta\xi| < \Delta\xi_0$   
 B'-C':  $|\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0$  чи  $|\Delta\xi| < \Delta\xi_0 \rightarrow |\Delta\xi| \geq \Delta\xi_0,$   
 $\text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Const}$   
 C':  $|\Delta\xi| < \Delta\xi_0, \text{Sign}[\Delta\xi] \equiv \text{Var}$

б

Рис. 2. Пари імпульсів сплеск-провал (а) та провал-сплеск (б) електричного сигналу

Для визначення тривалості чергового імпульсу (пари чи серії імпульсів) завади в момент виникнення імпульсу (момент виникнення першого складового імпульсу пари чи серії) таймер має скидатись або фіксуватися його поточний показ. Тоді показ таймера в точці закінчення імпульсу (останнього складового з пари або серії) або різниця між цим показом і показом в початковий момент буде визначати тривалість імпульсу (пари або серії імпульсів). Що ж стосується визначення рівнів початку, вершин і закінчення імпульсів, то воно зводиться до виділення цифрових кодів миттєвих значень сигналу, формованих вже для визначення кодів прирощень сигналу, у відповідних точках його дискретизації.

**Висновки.** З урахуванням сучасного стану розвитку мікроелектроніки, зокрема аналого-цифрових перетворювачів та мікропроцесорів, доцільним є виконання контролю імпульсних завод промислової електромережі на основі цифрового диференціювання досліджуваних сигналів з аналізом моментів зміни знака прирощень сигналів за крок їх дискретизації та переходу цими значеннями певних граничних рівнів.

1. Носов В.В. Промышленные помехи и обеспечение надежности функционирования систем управления технологическими процессами // Измерения, контроль, автоматизация. – 1997. – № 2. – С. 61–71. 2. Пат. 6349 Україна. Спосіб контролю імпульсів з плоскою вершиною і пристрій для його здійснення / О.М. Дороніна, Г.М. Лавров, В.М. Ванько.