**Василь Калінчик, Олександр Копчиков**

**(Київ, Україна)**

**АдаптивнЕ прогнозування та**

**управління електроспоживанням**

Правила користування електричною енергією стимулюють не тільки позапікове активне електроспоживання, але й регламентують значення реактивної потужності в періоди максимальних навантажень енергосистеми. Ця обставина обумовлює необхідність комплексного вирішення задачі управління режимами електроспоживання. Ефективність вирішення цієї задачі тісно пов’язана з можливістю прогнозування електричних навантажень підприємства на етапі оперативного управління. Дослідження методів прогнозування параметрів електроспоживання [1] показали, що вимогам, які ставляться до оперативних систем прогнозу, найбільш повно відповідає адаптивний підхід до конструювання моделей. Адаптивний підхід дозволяє вирішувати проблему адекватності метода об’єкту прогнозування. Вибір метода повинен здійснюватися виходячи із розумного компромісу між вимогами точності та обчислювальними затратами. Один із варіантів оперативного прогнозування режимами електроспоживання, який задовольняє розглянутим вимогам, викладений в цій роботі.

Для оперативного прогнозування електроспоживання використовується **метод експоненціального згладжування** з адаптацією параметрів згладжування [2, 3]. Процес електроспоживання усередині періоду контролю *T*(рис. 1) розглядається як модель лінійного росту, для опису якої вибрано поліном виду

*xt*= *a0,t*+ *a1,t⋅ t* +*ε t* (1)

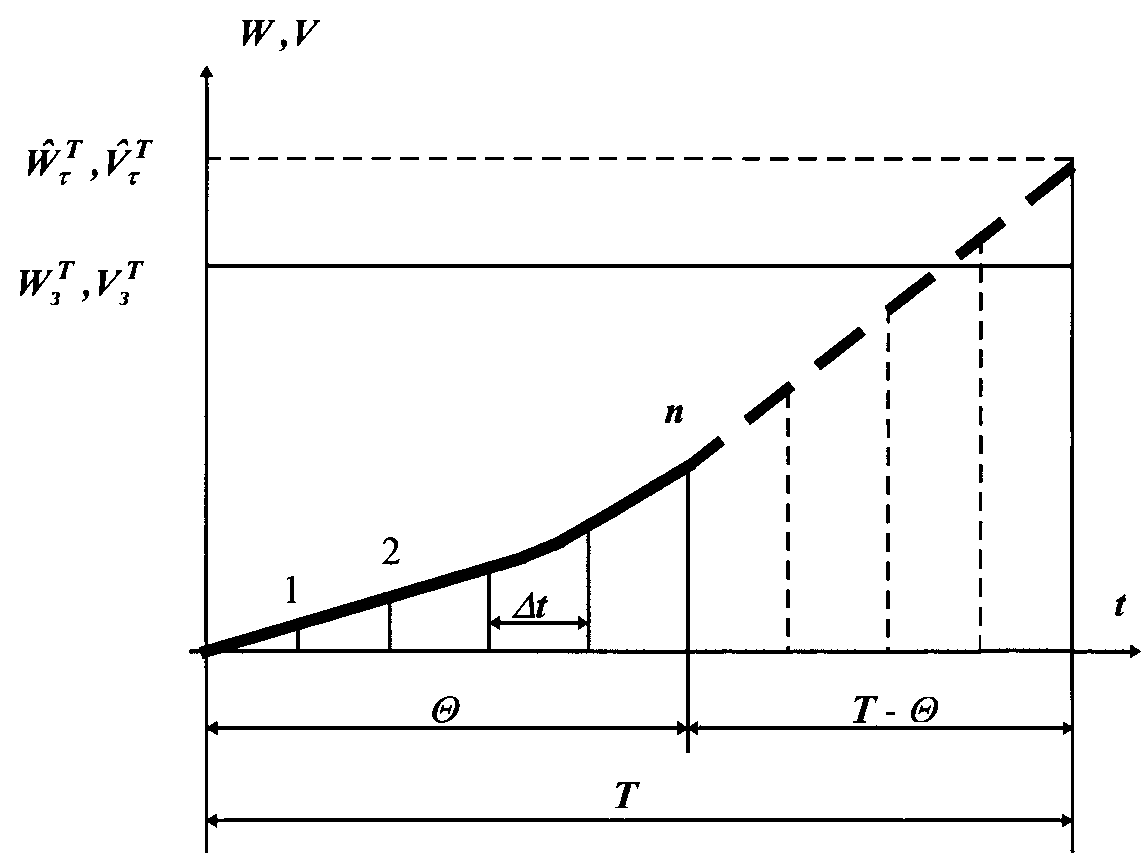


Рис.1. Принцип управління електроспоживанням

*Т* – період контролю;

*Θ* – період адаптації моделі прогнозування;

*Δt* – крок управління;

*τ* – число кроків управління (крок випередження).

де *a0,t*, *a1,t* - коефіцієнти поліному, *εt* - випадкові незалежні відхилення (“білий шум”).

Прогнозним значенням процесу буде

, (2)



де - поточні оцінки коефіцієнтів поліному; *τ* - крок випередження (*τ*= 1, 2, 3, ... .).



Оцінки коефіцієнтів і знаходяться



, (3)



де та – експоненціальні середні;



*α* - постійна згладжування(*0*<*α*<*1*); *β*= *1 – α*

З урахуванням сказаного модель прогнозування електроспоживання представляється у вигляді

, (4)



в якій експоненціальні середні та знаходяться із виразу



(5)

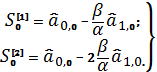
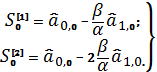


де *xt* - останнє значення ряду.

Початкові умови та визначаються через початкові значення вектору



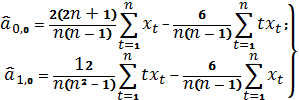
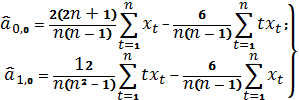
. (6)



Оцінки параметрів моделі та по ***n*** точках знаходяться із виразу



(7)



Якість розглянутої моделі прогнозування суттєво залежить від вибору постійної згладжування *α*. З одного боку, для збільшення ваги пізніших спостережень необхідно підвищувати значення постійної *α*. З іншого боку, для зменшення впливу відхилень постійна *α* повинна бути малою. Це протиріччя усувається шляхом адаптації постійної згладжування *α*.

Постійна згладжування *α* визначається як модуль сигналу слідкування

(8)



де *Qt* - згладжена похибка прогнозу, Δ*t* - згладжене абсолютне відхилення

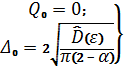
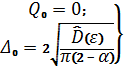
(9)



де *e t* - похибка прогнозу, *γ* - постійна згладжування (*0*<*γ*<*1*)

Початкові умови

(10)



де - початкова оцінка дисперсії похибки.



Стратегія такої адаптації ґрунтується на тому, що збільшення постійної згладжування *α* здійснюється при збільшенні сигналу слідкування, в результаті чого підвищується вага останнього значення ряду.

В запропонованій моделі прогнозування параметрів електроспоживання перші *n* точок ряду використовуються для визначення початкових умов із виразів (6), (7), (10). Далі модель “повертається” у вихідну точку івиконується прогнозування з інтервалом випередження на один крок з метою адаптації постійної *α*. Експериментальні дослідження показали, що модель адаптується до реальних даних вже на 4 ÷ 6 кроці прогнозування і далі похибка прогнозу не перевищує 2 % [3]. Тому період контролю *T* розбивається на два інтервали: інтервал адаптації моделі прогнозування *Θ* та інтервал управління ( *T - Θ* ). Крок управління *Δt* = *T/N* (*N* - число кроків управління в період *T*). На перших *n* = *N - τ* кроках виконується адаптація постійної *α*, а на останніх*τ* кроках виконується управління електроспоживанням. В реальній практиці *T* = *30* хвилин, *N* = *10*, *Δt* = *3* хвилини.

Починаючи з першого кроку управління (в інтервалі *T - Θ*) по формулі (4) визначається прогнозна величина активного та реактивного електроспоживання до кінця періоду контролю ***T***. Визначається величина



де – задане на період*T* активне електроспоживання (, – заявлена на період *T* активна потужність).



Якщо , то вирішується задача вимикання споживачів-регуляторів (СР). Причому, вимикання СР може здійснюватися на основі мінімізації втрат від регулювання навантаження [4].



Далі визначається величина можливого споживання реактивної енергії до кінця періоду *T*

,

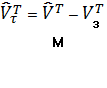
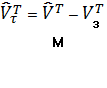


де - величина змінення споживання реактивної енергії, яка досягається за рахунок вимикання частини СР.



Визначається величина

,



де - задане на період *T* реактивне навантаження (, - задане енергосистемою значення реактивної потужності на період *T*). Якщо , то вирішується задача по забезпеченню компенсації реактивного електроспоживання.



**Висновок.** Запропонований підхід дозволяє адекватно реалізувати комплексне управління режимами електроспоживання на основі випереджуючих оцінок активної і реактивної потужності з використанням за базу програмування адаптивних моделей експоненціального згладжування, як таких, що задовольняють вимогам точності та простоти реалізації.

**Література:**

1. Калінчик В.П. Методологія оперативного управління електро-споживанням/Калінчик В.П. - Матеріали Міжнародної науково-практичної та навчально-методичної конференції «Сталий енергетичний розвиток: сучасні тенденції, технології та рішення - 2014» - Київ. – 2014. – С. 33
2. В.П. Калінчик. Адаптивні моделі прогнозування електричного навантаження виробничих споживачів/В.П. Калінчик, О.В. Мейта, В.В. Калінчик, Ю.М. Чуняк - Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2022. - № 1. – С.46-56.
3. О.В. Мейта. Узагальнена модель адаптивного прогнозування режимів електроспоживання виробничих об’єктів/О.В. Мейта, В.П. Калінчик, В.А.Побігайло, В.В. Калінчик, О.В. Бориченко, А.М. Копчиков - Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Проблеми удосконалювання електричних машин і апаратів. Теорія і практика. - № 1(9)- 2023.-С.60-62.
4. Калінчик, М. Шкребтій. Управління електричним навантаженням за допомогою споживачів-регуляторів/М. Шкребтій, В.Калінчик - Збірник наукових праць. Матеріали XХVІ Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції „Проблеми та перспективи розвитку науки на початку третього тисячоліття у країнах Європи та Азії” – Переяслав-Хмельницький. – 2016.- С.246-248.