

ною передачею, що дорівнює сумі передач ребер, що замінюються. В решті решт потрібно лише три процедури: заміна паралельних ребер одним з еквівалентною передачею, видалення ребра-петлі, видалення транзитного вузла з групою входних та вихідних ребер. Ці процедури циклічно застосовуються доти, доки залишаться лише ті вузли, які складають саме дводольний сигнальний граф.

Описаний алгоритм реалізований на алгоритмічній мові у формі процедури, формальними параметрами якої є масив, що описує топологію самого сигнального графа, а також масив вузлів, до яких треба обчислити передачі, і масив вузлів-джерел, від яких треба обчислити передачі. Для електричної системи сигнальний граф можна скласти у формі, за якою можна призначити обчислення коефіцієнтів матричних рівнянь у формі змінних стану. Крім того, за допомогою простих перетворень з операторного сигнального графа електричної системи можна отримати дискретний часовий граф, за допомогою якого реалізується стійка процедура інтегрування диференціальних рівнянь електричної системи.

## **АНАЛІЗ ЗАСОБІВ АНАЛІТИЧНОГО ПОДАННЯ КРИВОЇ НАМАГНІЧУВАННЯ**

*Діденко А.С.*

*Науковий керівник – Рожков П.П., канд. техн. наук, доцент*

Ферорезонансні процеси в електричних мережах виникають раптово та призводять до виходу з ладу електроенергетичного обладнання. Дослідження таких процесів з метою їхнього запобігання є актуальною науково-технічною задачею.

Серед парамагнітних речовин особливу групу становлять феромагнітні речовини. Від інших вони відрізняються тим, що їхня магнітна проникність значно більша одиниці і може сягати значень декількох тисяч; вона не постійна і залежить від температури і магнітного стану речовини.

За допомогою послідовного збільшення, а потім зменшення напруженості магнітного поля  $H$ , можна виміряти відповідні значення магнітної індукції  $B$  та побудувати петлі гістерезису, які є найважливішою характеристикою феромагнетику. Крива, що проведена через вершини всіх петель гістерезису, називається основної кривої намагнічування. Саме її використовують при розрахунках магнітних систем. Вона приводиться в довідниках по магнітних матеріалах, як таблиця (табл. 1) залежності  $B=f(H)$ .

Таблиця 1 - Експериментальні точки кривої намагнічування для сталі 1512(Э42)

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
H, А/м	96	114	148	192	254	325	414	538	730	1080	1940	3850
B, Тл	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5

Для проведення розрахунків електромагнітних процесів, що відбуваються в електричних мережах, потрібно отримати криву намагнічування у вигляді аналітичної залежності  $B=f(H)$ . Для цього використовують методи апроксимації та інтерполяції.

З відомих моделей апроксимації кривої намагнічування слід відмітити наступну

$$B = a \cdot \arctg(\beta H) + \gamma H. \quad (1)$$

Для визначення коефіцієнтів апроксимації  $a$ ,  $\beta$  і  $\gamma$  цієї функції доцільно використати метод найменших квадратів. Значним недоліком метода апроксимації є те, що крива не обов'язково проходить через табличні точки.

Метод інтерполяції гарантує проходження кривої через табличні точки, але не гарантує випуклості кривої між точками. Аби усунути цей недолік використовується кубічна сплайн-інтерполяція.

В якості інтерполюючого полінома використовується поліном третього ступеня

$$B = aH^3 + bH^2 + cH + d.$$

Коефіцієнти  $a$ ,  $b$ ,  $c$  та  $d$  визначаються з умов одержання 'гладкої' кривої в діапазоні інтерполяції. Проведемо порівняльний аналіз апроксимації кривої намагнічування для сталі 1512(Э42) за допомогою формули (1) з коефіцієнтами апроксимації  $a = 0,97794$ ,  $\beta = 0,475862$ ,  $\gamma = 1,4048 \cdot 10^{-5}$ , що були визначені за допомогою метода найменших квадратів та кривої отриманої за допомогою кубічної сплайн-інтерполяції. Результати розрахунків представлені на рис. 1.

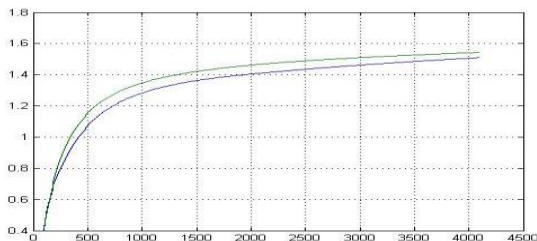


Рисунок 1 - Крива намагнічування сталі 1512(Э42) 1 - кубічна сплайн-інтерполяція, 2 - апроксимація

Аналіз кривих на рис. 1 показує, що крива кубічної сплайн-інтерполяція краще за криву апроксимації, оскільки проходить через точки інтерполяції та зберігає випуклу форму.

## **ЦИФРОВІ ПІДСТАНЦІ ТА ЇХ НЕОБХІДНІСТЬ В ЕНЕРГЕТИЧНІЙ СИСТЕМІ УКРАЇНИ**

*Плохін Д.В.*

*Науковий керівник – Гаряжа В.М., доцент*

На сьогодні енергетика України значною мірою функціонує за рахунок запасу надійності обладнання ще радянського виробництва, яке застаріло не тільки морально, але і фізично. За рядом об'єктивних причин оновлення електричних мереж в державі майже не відбувається. В той же час, необхідність підвищення якості функціонування та експлуатації мереж, і в першу чергу підстанцій (ПС), зумовлена: поперше, підвищенням вимог до них (зростанням вимог ринку, появою нових бізнес-процесів і організаційних структур, які потребують більш повної та оперативної інформації і таке інше); по-друге, згаданим вище вкрай серйозним фізичним і моральним старінням основних фондів.

Аналіз світового досвіду розвитку сучасних підстанцій, вказує на те, що набуває поширення тенденція, спрямована на створення «цифрових підстанцій» (ЦПС), які стають однією з базових технологій Smart Grid. Загальновідомо, що підстанція – це перш за все силове обладнання та перетворювальні пристрої (наприклад, трансформатори струму чи напруги) та пристрої управління елементами підстанцій та захисту. Що ж тоді розуміти під терміном «цифрова підстанція» та в чому її перевага? Існує велика різноманітність точок зору і підходів до цього визначення, та все ж в більшості робіт, присвячених даній проблемі, зазвичай визначальною ознакою ЦПС вважається її «тотальна» ІТ-розвиненість, тобто констатація того, що всі процеси інформаційного обміну між елементами програмно-апаратного комплексу ПС здійснюються в цифровому вигляді. На наш погляд, найбільше поняттю ЦПС відповідає таке визначення:

цифрова підстанція – це підстанція, обладнана комплексом цифрових пристроїв (терміналів) для вирішення завдань релейного захисту та автоматики (РЗА) і автоматизованою системою управління технологічним процесом (АСУ ТП);

– реєстрації аварійних подій (РАП);

– обліку і контролю якості електроенергії, телемеханіки.

Все обладнання такої підстанції спілкується між собою і центральним сервером об'єкта послідовним каналом зв'язку на єдиних прото-