

Висновки. ІСЛ відносить пристрої типу АЦП і ЦАП до класу логікових схем. Це дає змогу синтезувати їх за допомогою логікових методів, тобто так, як синтезують цифрові логікові схеми.

Результати синтезу становлять певну множину рішень, серед яких є простіші від тих, що звичайно використовуються. Наприклад, схема (рис. 1) простіша за паралельні АЦП, що подані в [4, 5], бо не містить перетворювачів одиничного коду в позиційний (шифраторів). Як виявилось, для реалізації досить лише одних компараторів.

1. Shannon C.E. *A symbolic analysis of relay and switching circuits* // *Trans. AIEE*, 1938. - 57. P. 713-723.
2. Кметь А.Б. *Интегральная токовая логика*. Львов, 1998.
3. Куликов Л.Я. *Алгебра и теория чисел*. М., 1979.
4. *Преобразование информации в аналого-цифровых вычислительных устройствах и системах* / Под ред. Г.М. Петрова. М., 1973.
5. *Современные линейные интегральные микросхемы и их применение: Пер. с англ.* / Под ред. М.В. Гальперина. М., 1980.

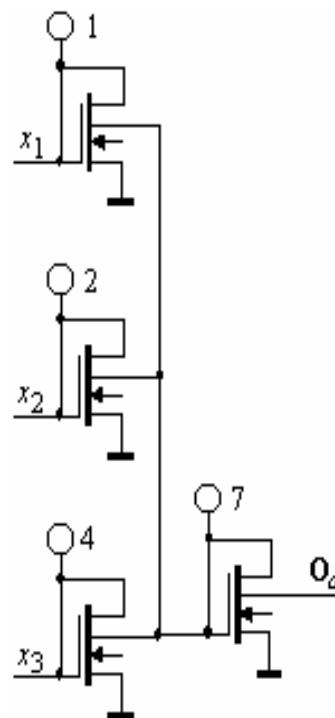


Рис.2. Графічне зображення схеми (8)

УДК 550.837

Ладанівський Б.Т.

Карпатське відділення Інституту геофізики НАН України

ФІЗИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК МЕТОД ПІДВИЩЕННЯ ІНФОРМАТИВНОСТІ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ПОЛІВ НЕОДНОРІДНИХ СЕРЕДОВИЩ

© Ладанівський Б.Т., 2000

Висвітлено основні принципи і переваги використання методу фізичного моделювання електромагнітних полів в тривимірних неоднорідних середовищах. Наведено опис автоматизованого комплексу технічних засобів для аналогового моделювання та приклади його застосування для дослідження тривимірних структур. Показана можливість використання цих результатів для підвищення інформативності електророзвідувальних методів в геофізиці.

Необхідність дослідження електромагнітних полів складних неоднорідних середовищ виникає при вирішенні багатьох прикладних і наукових проблем, зокрема в геофізиці при вивченні приповерхневої та глибинної будови земних структур. Таке вивчення можна проводити за допомогою аналітичних та чисельних методів [1], математичного [2] або фізичного [3] моделювання. Кожен з цих методів має свої переваги і обмеження. Точні аналітичні розв'язки вдається отримати для обмеженої кількості неоднорідностей і в

основному для простих моделей. Широкого розповсюдження набули також чисельно-аналітичні та чисельні методи, зокрема, скінченних різниць, скінченних елементів, інтегральних рівнянь та граничних інтегральних рівнянь. Вони добре зарекомендували себе при вирішенні задач з двовимірними моделями, простими тривимірними з плоскими вертикальними і горизонтальними границями розділу у півпросторі або горизонтально-шаруватому середовищі, але вимагають великих обсягів обчислень [1,2].

Стаття присвячена фізичному моделюванню електромагнітних полів в неоднорідних середовищах при наявності складних структур. Фізичне моделювання являє собою спосіб вивчення явищ або процесів за допомогою відтворення їх в іншому масштабі і дослідження відповідних характеристик безпосередніми спостереженнями. Цей метод практично єдиний у випадку складних задач, що не мають аналітичного розв'язку. При чисельному моделюванні в таких випадках доводиться вибирати між обсягом обчислень, що непомірно зростає, і точністю отримуваних результатів.

Метод фізичного моделювання також доцільно використовувати у випадках, коли аналітичні розв'язки дуже складні або зовсім відсутні, наприклад, при дослідженні електромагнітного поля складних структур. В той же час перевагою методу фізичного моделювання є можливість досліджувати електромагнітні поля різних типів джерел в неперервних середовищах з 3D неоднорідностями довільної форми.

При фізичному моделюванні треба дотримуватись умов подібності, які визначають ідентичність явищ в природі і на моделі та дозволяють встановити масштабні коефіцієнти, за допомогою яких модельні результати можна перерахувати в натурні [4]. Основні вимоги закону подібності для випадку змінних електромагнітних полів виводяться з першого і другого рівнянь Максвелла, які справедливі для електромагнітного поля як в природі, так і на моделі. При дослідженні природного електромагнітного поля Землі, яке є джерелом в так званому магнітотелуричному методі електророзвідки, користуються квазістаціонарним наближенням (нехтується струмами зміщення) [5], тому для цього випадку можна записати [6]:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} H_n &= s_n E_n & \operatorname{rot} H_m &= s_m E_m \\ \operatorname{rot} E_n &= -i\omega_n m_n H_n & \operatorname{rot} E_m &= -i\omega_m m_m H_m \end{aligned} \quad (1)$$

де індекс n належить до явищ в природі, а m - моделі.

Подамо основні вектори електромагнітного поля в безрозмірній формі і прирівняємо відповідні частини рівнянь Максвелла, в результаті чого отримаємо рівність:

$$\omega_n s_n m_n l_n^2 = \omega_m s_m m_m l_m^2 \quad (2)$$

Рівність (2) є вимогою закону подібності. На практиці зручніше користуватись безрозмірними масштабними коефіцієнтами. Розділимо ліву частину рівняння (2) на праву, враховуючи, що в природі і на моделі середовища немагнітні $m_n = m_m$, і отримаємо:

$$K_w K_s K_l^2 = 1 \quad (3)$$

де K_w , K_s і K_l – масштабні коефіцієнти частоти, провідності і лінійного розміру відповідно.

Зручніше це рівняння записати у вигляді:

$$K_l^2 = K_r K_t \quad (4)$$

де $K_r = 1 / K_s$, $K_t = 1 / K_w$.

Це означає, що, вибравши модель, в 10^4 разів меншу від реального середовища, робочі періоди(частоти), на яких проводяться дослідження, треба вибрати в 10^8 раз менші(більші),

ніж в реальних середовищах при однакових провідностях середовищ в природі і на моделі. Отже, періоди варіацій природного електромагнітного поля Землі 10-10000 с моделюються при цьому коливаннями з періодами порядку 10^{-7} - 10^{-4} с (10-0.01МГц).

Вирішення будь-якої задачі методом фізичного моделювання починається з вибору масштабних коефіцієнтів, які не тільки дозволяють співставляти модельні і натурні дані, але і визначають клас задач, що можуть бути досліджені за допомогою конкретної моделюючої установки. Звідси випливають основні обмеження фізичного моделювання: скінченні розміри установки, обмежений діапазон робочих частот і провідностей матеріалів, з яких створюються моделі.

Для застосування методу фізичного моделювання побудована спеціальна лабораторна установка фізичного моделювання електродинамічних процесів – автоматизований комплекс технічних засобів, призначений для розв'язання певного класу наукових і прикладних задач.

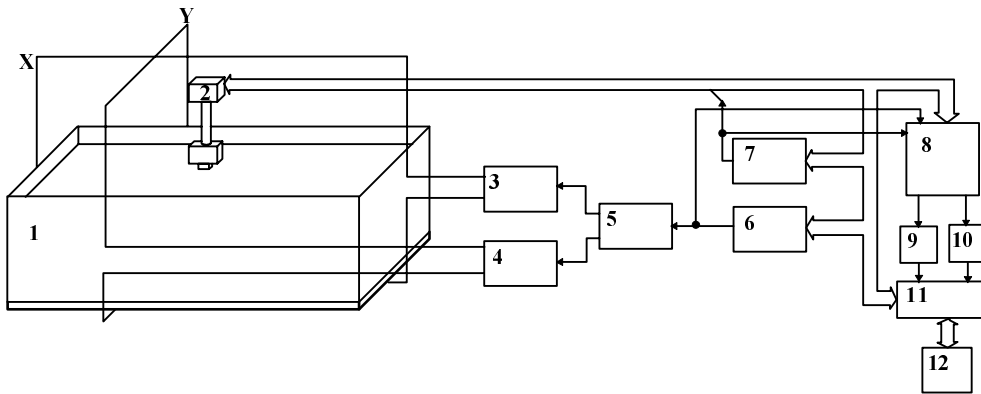


Рис.1 Блок-схема установки фізичного моделювання.

Блок-схема установки для моделювання електромагнітного поля стосовно до задач геофізики зображена на рис.1. Електролітична ванна 1 використовується для розміщення моделей середовищ і структур, що досліджуються. Звичайно це моделі глибинного розрізу Землі, що в першому наближенні можуть бути подані тришаровим середовищем (рис.2). Верхні провідні осадові породи імітуються розчином кухонної солі, питомий опір якого, залежно від концентрації, може змінюватись в межах 15-0.05 Ом×м. Високоомні породи кристалічного фундаменту земної кори імітовані шаром керамічних плит, щілини між якими заповнені цим же соляним розчином. Інтегральний питомий опір цього шару може бути в межах 100-3 Ом×м. Високопровідний шар верхньої мантії Землі імітує металевий лист з питомим опором 1.7×10^{-6} Ом×м. Кожен з цих шарів може містити будь-які за формою і провідністю неоднорідності, що дозволяє досліджувати поля довільних тривимірних структур.

Генераторно-випромінююча система установки містить генератор гармонічних коливань 6, блок формування квадратурних коливань 5, два підсилювачі потужності 3,4 і дві взаємно-перпендикулярні збуджуючі антенні системи X,Y. Кожна з останніх являє собою десять з'єднаних паралельно і рознесених на 0.5м прямокутних витків розміром

2×4 м. Електролітична ванна розміщена всередині витків. Металевий лист на дні забезпечує проникнення поля в моделююче середовище лише зверху. Така антена збуджує на поверхні електроліту однорідне гармонічне магнітне поле, яке відповідає природному [2].

Вимірювально-реєструюча система містить:

- вимірювальний зонд 2;
- блок обробки аналогового сигналу 8;
- цифрові вольтметр і фазомір 9,10 відповідно;
- гетеродинний генератор 7.

Крім цього, установка має систему переміщення вимірювального зонда (рис.2), блок стикування з ЕОМ 11 і власне саму ЕОМ 12 (рис.1).

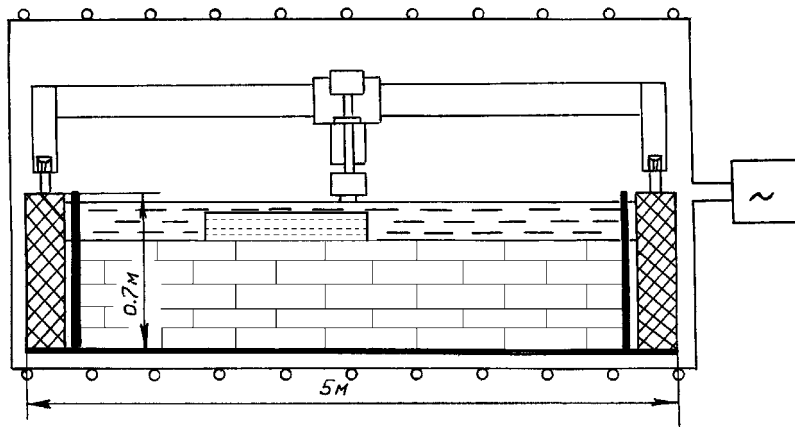


Рис.2. Розріз електролітичної ванни

Використання ЕОМ, блоку стикування, а також відповідного програмного забезпечення дає можливість не тільки скоротити час проведення експерименту і автоматизувати процес вимірювань, але і гнучко пристосовувати установку до вирішення різноманітних нетипових задач, а також до обробки та інтерпретації результатів.

Принцип роботи установки є таким. Гармонічний сигнал від генератора надходить в блок формування квадратурних коливань, де перетворюється на два коливання однієї частоти, але зміщені по фазі на 90° , і далі через підсилювачі потужності йде на збуджуючі антени. Якщо немає потреби створення еліптично поляризованого поля, використовується тільки одна антена відповідної поляризації. За допомогою системи переміщення вимірювальний зонд автоматично виводиться в задану точку моделі, де послідовно проводиться вимірювання абсолютних значень п'яти компонент електромагнітного поля E_x , E_y , H_x , H_y , H_z на низькій проміжній частоті. Вимірний сигнал в аналоговій формі надходить в блок обробки аналогових сигналів, а звідти після попередньої обробки – у вольтметр і фазомір. Значення вимірних амплітуд і фаз в цифровій формі через блок стикування реєструються в комп'ютері.

Блок стикування забезпечує автоматичне виконання:

- передавання команд комп'ютером до системи переміщення зонда і відслідкування їх виконання;
- встановлення частоти генератора поля і гетеродинного генератора;
- комутації фільтрів і керування рівнем сигналів блока формування квадратурних коливань;
- вибору диполів вимірювального зонда;
- зчитування показів вольтметра і фазоміра.

У блоці стикування зарезервовані порти для нарощення комплексу.

Для отримання абсолютних значень компонент поля перед вимірами проводиться градування вимірювальної апаратури. До електричних диполів з базою 0.02-0.04 м підводиться сигнал відомого рівня і реєструється показ вольтметра. Так вводяться градувальні коефіцієнти електричних диполів. Магнітні вимірювальні диполі являють собою прямокутні котушки із семи витків розміром 4×2 см. Електрорушійну силу на виводах котушки в змінному магнітному полі можна розрахувати за формулою [3].

$$E = NBS\omega, \quad (5)$$

де E – електрорушійна сила, N – кількість витків, S – площа витків, ω – частота поля. Оскільки для електричних і магнітних диполів використовується один канал передачі сигналу, використавши наведену формулу можна розрахувати градувальні коефіцієнти для магнітних диполів. Крім цього, останні можна отримати за допомогою кілець Гельмгольца, в яких створюється еталонне магнітне поле на низьких частотах, в межах квазістаціонарного наближення. Щоби оцінити точність отримуваних результатів, на яку впливають похибки градувань і вимірювальних приладів, виготовлення моделі і вимірювальних диполів, а також координатної системи, виміри проводяться на тестовій моделі, параметри якої легко розрахувати аналітично. Порівняння результатів, отриманих шляхом вимірювань і розрахунків, які, як правило, мають розбіжність в межах 3 – 10%, визначають загальну похибку вимірювального комплексу.

Технічне обладнання, а також створене програмне забезпечення дозволяють досліджувати електромагнітні поля в двох основних режимах – частотного зондування і профілювання. В першому режимі отримують залежності компонент поля і похідних величин від частоти, а в другому – просторовий розподіл цих же параметрів.

Можливість нарощення комплексу разом з програмним керуванням обладнанням дозволяють швидко і гнучко пристосовувати установку для вирішення різноманітних задач. Описаний комплекс експлуатується в Карпатському відділенні Інституту геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України протягом вже декількох років, де з його допомогою вирішена ціла низка задач як теоретичного, так і прикладного характеру. Для прикладу, нижче наведено результати досліджень електромагнітних полів тривимірного підняття кристалічного фундаменту (рис.3, 4).

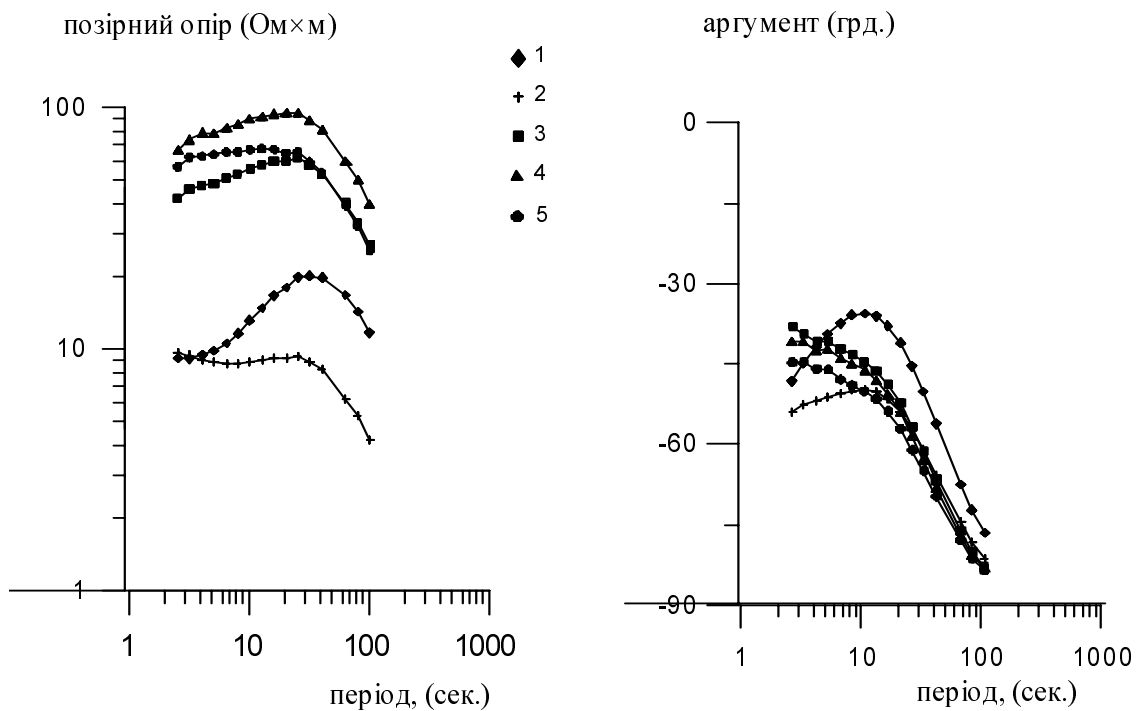
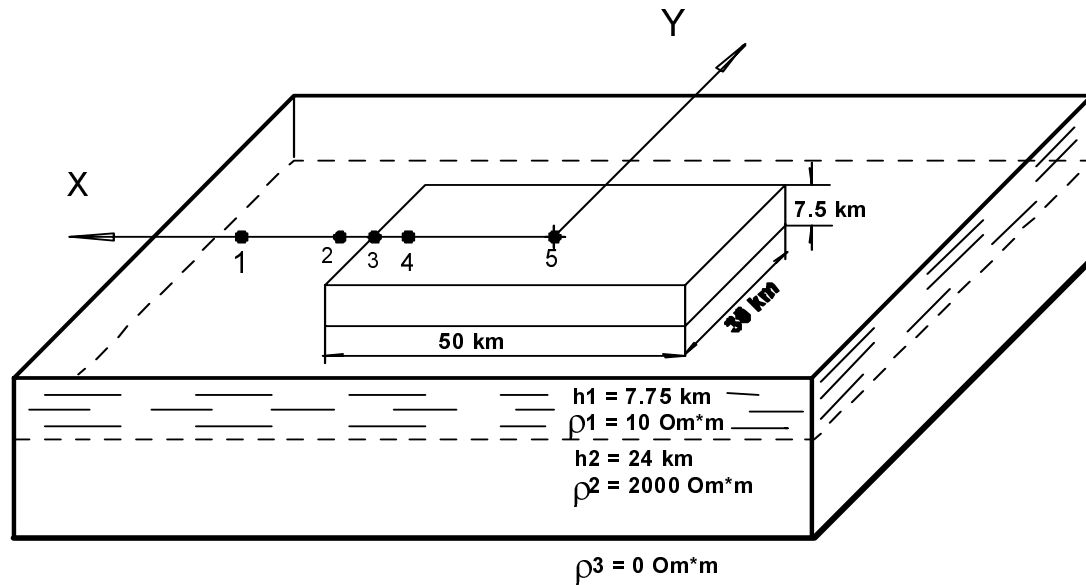


Рис.3. Тривимірна неоднорідність провідності:
 а) ескіз моделі; б) результати частотного зондування

На рис.3,а зображено модель прямокутного підняття. Параметри моделі наведені в природних розмірах з врахуванням коефіцієнтів подібності. Питомий опір підняття такий же, як і другого шару – $2000 \text{ Ohm}\cdot\text{m}$. Амплітудні і фазові криві позірного опору, просторова структура п'яти компонент електромагнітного поля на поверхні цієї ж неоднорідності показані на рис.3,б і рис.4 відповідно.

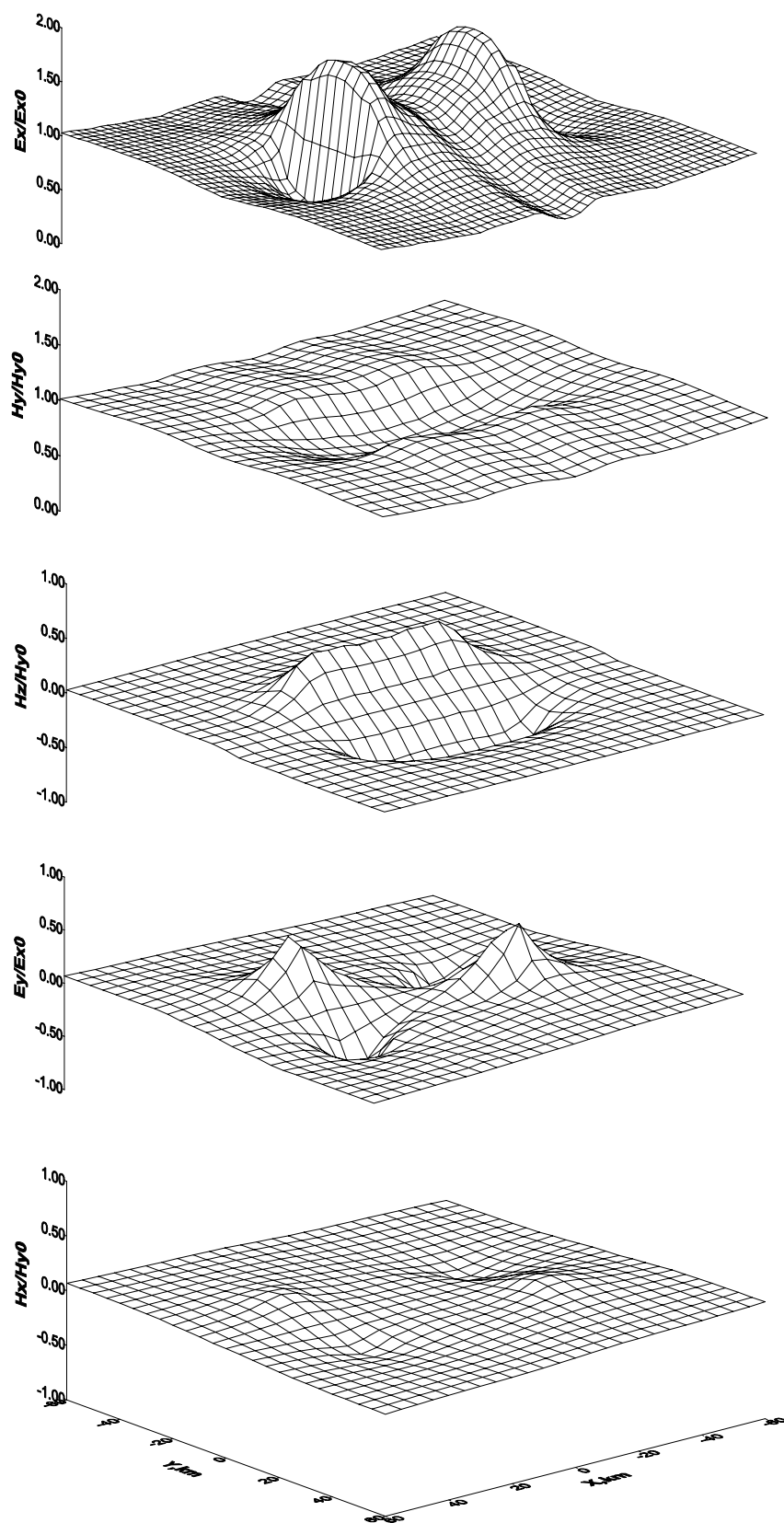


Рис.4. Просторова структура компонент електромагнітного поля

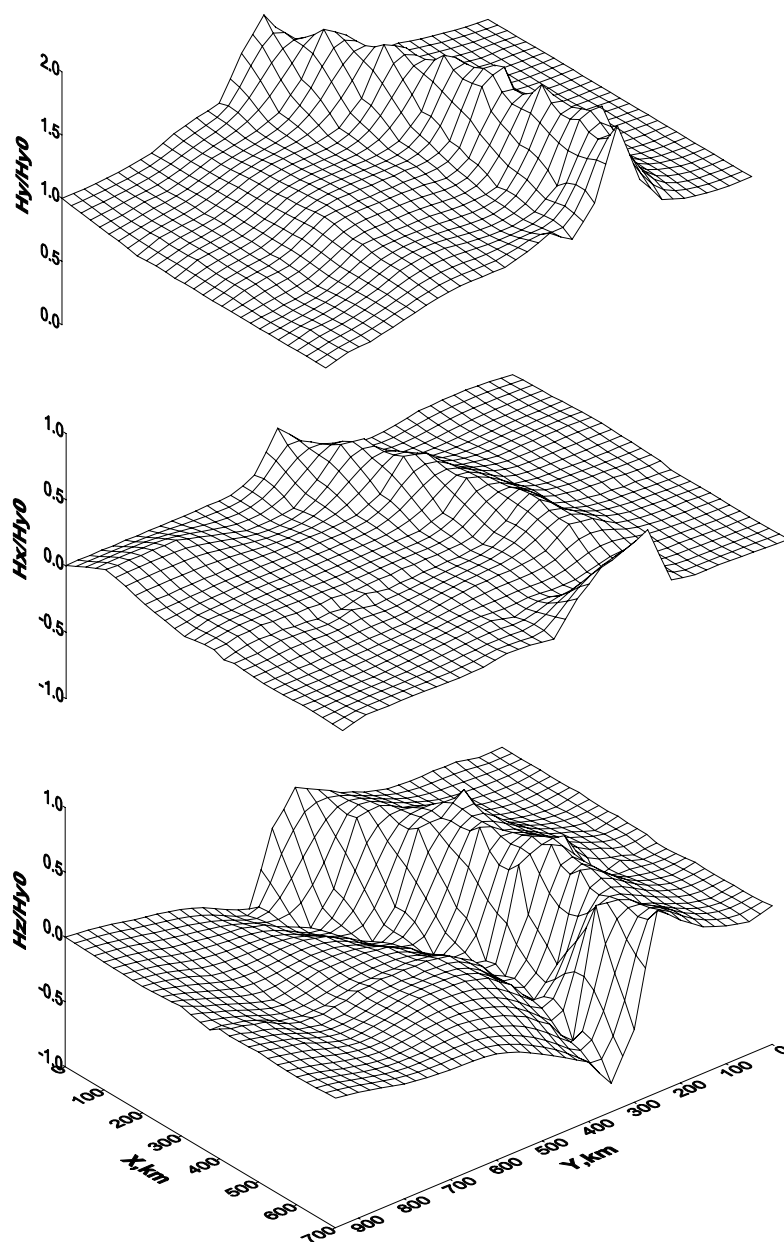


Рис.6. Структура магнітного поля масштабної моделі Карпатського регіону

Наведені приклади застосування установки свідчать про те, що розроблені технічні засоби та технологія фізичного моделювання можуть бути використані для вирішення задач електродинаміки 3D середовищ довільної форми. Застосування фізичного моделювання в геоелектриці дозволяє підвищити інформативність і точність геофізичної інтерпретації, одержаної чисельними методами.

Дана робота виконана за часткової підтримки гранту INTAS N° 97-1162.

1. Электрическое зондирование геологической среды. Ч. I. Прямые задачи и методика работ / Под ред. Хмелевского В.К., Шевнина И.А. М., 1988. 2. Жданов М.С., Спичак В.В., Математическое моделирование электромагнитных полей в трехмерно-неоднородных средах. М., 1992. 3. Бердичевский М.Н., Мороз И.П., Кобзова В.М., Билинский А.И. Физическое моделирование в геоэлектрике. К., 1987. 4. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. М., 1963. 5. Бердичевский М.Н., Дмитриев В.И. Магнитотеллурическое зондирование горизонтально-однородных сред. М., 1992. 6. Смирнов А.А. Введение в теорию электромагнитного поля. М., 1975.

УДК 681.5.01.015+655.3.022.3

Луцків М.М., Зіненко Р.Г., Верхола М.І.

Українська академія друкарства, кафедра автоматизації та комп'ютерних технологій

ПРОЦЕДУРА СИНТЕЗУ РОЗКОЧУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ФАРБОВОЇ ГРУПИ НА ОСНОВІ БАЖАНОЇ ІМПУЛЬСНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ

© Луцків М.М., Зіненко Р.Г., Верхола М.І., 2000

Розглядається задача розрахунку діаметрів розкочувальної фарбової групи друкарської машини заданої структури на основі мінімізації квадрата функції послідовності похибки на основі імпульсної характеристики.

Сьогодні немає науково-обґрунтованих методів розрахунку діаметрів фарбових валиків друкарських машин, а нагромаджений досвід та існуючі рекомендації дуже суперечливі, що утруднює побудову ефективних фарбових апаратів, тому поставлена задача є актуальною.

Більшість сучасних фарбових апаратів працюють при дискретній подачі фарби, тому якість розкочування фарби оцінюють за нерівномірністю товщини фарби на друкарській формі при дискретній подачі смужки фарби мінімальною товщиною [1], яка є наочною, але незручною для синтезу діаметрів фарбових груп.

Для розробки процедури синтезу вихідної розкочувальної фарбової групи подамо процес розкочування одиничної смужки фарби за допомогою імпульсної характеристики [2], яка в найбільш загальній формі запису z -перетворення має вигляд:

$$H(z) = \sum_{n=0}^{\infty} h(n)z^{-n} = \frac{\sum_{i=1}^m b_i z^{-p_i}}{1 + \sum_{i=1}^N a_i z^{-q_i}}, \quad (1)$$

де b_i , a_i – коефіцієнти чисельника і знаменника, m , N – порядок чисельника та знаменника ($m \leq N$), z^{-1} – оператор зсуву, q_i – довжини кіл фарбових валиків в умовних одиницях ширини мінімальної смужки фарби, p_i – довжини дуг кіл прямих шляхів потоку фарби від точки подачі до точки відбору фарби.