

*Т.Г. МАЩЕНКО*, канд. техн. наук, проф. НТУ «ХП»,  
*І.М. БОГАТИРЬОВ*, доц. НТУ «ХП»,  
*К.В. КОМАРЧУК*, студентка НТУ «ХП»

## МІКРОПРОЦЕСОРНИЙ ПРИСТРІЙ КОНТРОЛЮ МАГНІТНОГО ПОЛЯ ТА НАПРУГИ

У статті розглянуті питання застосування мікропроцесорного пристрою контролю магнітного поля та напруги для забезпечення безпечного функціонування та діагностики заземлюючих пристроїв енергооб'єктів.

В статье рассмотрены вопросы применения микропроцессорного устройства контроля магнитного поля и напряжения для обеспечения безопасного функционирования и диагностики заземлюющих пристроил энергообъектов.

There are the problems of using microprocessor device of control magnetic field and voltage for ensure save functioning and diagnostic of earthing connection devices on the power facility.

Ключеві слова: система заземлення, електромагнітна діагностика заземлюючого пристрою, мікроконтролер, магнітне поле та напруга.

**Постановка проблеми:** Для забезпечення нормального функціонування та безпечної експлуатації багатьох електротехнічних комплексів необхідно діагностувати систему заземлення. Актуальність теми посилюється тим фактом, що в даний час технічні характеристики існуючих пристроїв діагностування мають багато недоліків і не задовольняють запитам, що необхідні для забезпечення безпеки і правильної експлуатації нової техніки.

Сучасний стан енергетики України такий, що пріоритетним є не будівництво нових підстанцій, а реконструкція існуючих, що можливо тільки при знанні реального розташування заземлювачів. При такій концепції необхідний пошук нових технічних засобів для систематичного контролю їх технічного стану, а також розробка і створення приладів для вирішення поставлених завдань.

Заземлюючі пристрої (ЗП) грають винятково важливу роль у забезпеченні нормального функціонування та безпечної експлуатації багатьох електротехнічних комплексів і установок, таких як відкриті та закриті розподільні пристрої всіх класів напруги від 0,4 до 750 кВ, автоматичні телефонні станції, нафто- і газоперекачувальні станції, машинні і комп'ютерні зали і т.і.

Від якості виконання ЗП залежить рівень надійності функціонування об'єкта в цілому, а також безпека обслуговуючого персоналу. Тому необхідно приділяти увагу якості ЗП нарівні з основним обладнанням на об'єкті. З плином часу ЗП видозмінювалися й удосконалювалися разом із зміною і вдосконаленням електроустановок. Еволюційно пристрої заземлення змінювалися від простих штучних елементів до найскладнішої заземлюючої системи, що

використовує надземні і підземні комунікації, штучні та природні заземлювачі, фундаменти обладнання та будівель і т.і. В даний час ЗП багатофункціональні, вони забезпечують надійну роботу об'єктів електроенергетики, як у робочих, так і в аварійних режимах.

**Аналіз літератури:** В роботах [1, 5] наведені характеристики та функції існуючих заземлюючих пристроїв. В [2, 3, 4] розглянуті методи їх контролю. До недавнього часу перевірка стану заземлюючих пристроїв була досить трудомістким процесом, так як передбачала відкопування об'єкту діагностування. З метою розширення функціональних можливостей пристроїв для тестування заземлюючів запропоноване технічне рішення дало можливість вимірювати два параметри одночасно і напругу, і напруженість магнітного поля. Прилад є багато частотним, має автоматичний вибір меж виміру та є менш інерційним ніж аналогові прилади. А головне, не потребує розтину ґрунту.

Заземлюючі пристрої залежно від призначення, умов експлуатації та розмірів електротехнічних пристроїв можуть являти собою як просту (вертикальний заземлювач, з'єднаний з об'єктом горизонтальним заземлювачем), так і складну розгалужену систему, що складається з безлічі горизонтальних і вертикальних заземлювачів, певним чином з'єднаних між собою і розташованих на заданій глибині.

Найбільш складні заземлюючі пристрої мають відкриті розподілені обчислювальні пристрої (ОП) магістральних та розподільчих підстанцій. Згідно нормативним документам ЗП електроустановок виконуються з дотриманням вимог або до їх опору, або до напруги дотику, а також до їх конструктивного виконання.

Більшість підстанцій в Україні виконано з дотриманням вимог до допустимого опору ЗП, яке згідно з нормативними документами періодично перевіряється. Однак, як показує досвід обстеження ЗП підстанцій, перевірка тільки одного параметра і зовнішній огляд контактних з'єднань не достатні для оцінки технічного стану і працездатності ЗП. На даний момент відсутні відповідні технічні засоби і апаратура, за допомогою яких можливо здійснити систематичний контроль подібного роду без розтину ґрунту.

**Методи діагностування:** В даний час для виявлення підземних комунікацій найбільше поширення отримав індукційний метод пошуку. В основі методу лежить принцип електромагнітної індукції: навколо провідника існує змінне електромагнітне поле певної частоти. Магнітна складова цього поля буде індукувати у внесеному в полі замкненому контурі змінний струм тієї ж частоти. Тому що напруженість магнітного поля змінюється в площині, яка перпендикулярна до напрямку провідника, то, переміщуючи в цій площині приймальню котушку (антену), оператор зі зміни величини наведеного в ній струму може судити про місцезнаходження провідника.

Інший спосіб створити струм у провіднику - активний - примусове спонукання струму за допомогою індукційного або прямого (гальванічного) під-

ключення до нього спеціального генератора. При цьому вимірювач напруженості магнітного поля комплектується індукційним датчиком, що має вигляд круглої котушки без сердечника, що містить 5000 витків дроту ПЕВ - 2 діаметром 0,1 мм.

При роботі оператор рухається по поверхні землі у напрямі перпендикулярному до передбачуваної осі заглибленого провідника і стежить за показниками приймача. Поява максимуму сигналу свідчить про те, що датчик знаходиться строго над провідником. Це найбільш загальний і найбільш вірогідний метод пошуку.

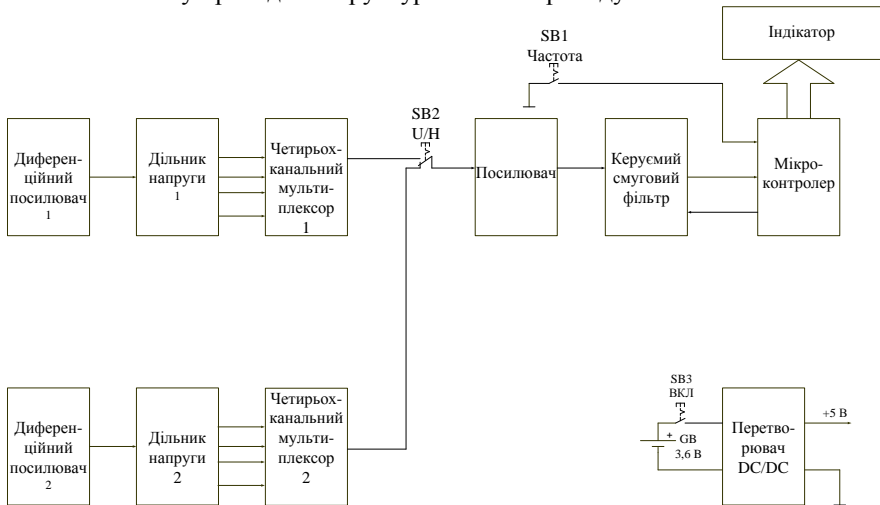
Слід мати на увазі, що на всіх енергооб'єктах, що знаходяться в експлуатації, присутні достатньо потужні електричні і магнітні поля промислової частоти, які можуть істотно спотворити вимірюваний сигнал як при пошуку траси заземлюючих шин, так і при вимірюванні напруг. Щоб уникнути цього генератор синусоїдального струму (ГСТ) має можливість виробляти струм декількох частот, які не кратні гармонікам частоти 50 Гц, а вимірювач повинен мати смугові фільтри цих частот з можливо більш вузькою смугою пропускання.

Виходячи з цього основними функціями пристрою повинні бути необхідність:

- 1) вимірювати напруженість магнітного поля;
- 2) вимірювати напругу в широкому динамічному діапазоні - від одиниць мілівольт до сотень Вольт.

### Робота пристрою:

На малюнку приведена структурна схема приладу:



Принцип дії пристрою базується на цифрових методах обробки сигналів, вчасності виміру діючого значення напруги та напруженості магнітного поля з використанням цифрової фільтрації.

Роботу приладу розглянемо на прикладі каналу напруги. Вхідний сигнал синусоїдальної напруги разом з перешкодою надходить на диференційний каскад 1, де послаблюється в 120 разів. Це необхідно для узгодження максимальної вхідної напруги амплітудою до 140 В з напругою живлення схеми +5 В. Залежно від рівня вхідного сигналу мультіплексор 1 підключає до підсилювача те чи інше плече дільника 1. З виходу підсилювача сигнал надходить на вхід смугового фільтра. Сигнал з виходу смугового фільтра використовується як керуючий і як вимірювальний; він обробляється мікроконтролером для подальшого виведення на РК- індикатор. Частота сигналу напруги обирається кнопкою SB1.

**Висновок:** Таким чином, розроблений пристрій вимірює діюче значення напруги, має високу вибірковість в робочих частотах. Менша інерційність приладу дає можливість зробити більш точні виміри в зонах зміни частот. За рахунок невеликої ваги (до 300 грамів) розроблений діагностувальний пристрій є мобільним та зручним у використанні. Подальша робота буде направлена на реалізацію пристрою прямого цифрового фільтра за допомогою мікроконтролера.

**Список літератури:** 1. *Борисов Р.К., Колюшко Г.М., Гримуд Г.И., Васьковский А.П., Чевычелов В.А., Колюшко Д.Г.* Методика исследования заземляющих устройств объектов электроэнергетики // Энергетика и электрификация. – 2000. – № 4. – С. 29-32. 2. *Ослон А. Б.* Заземляющие устройства на линиях электропередачи и подстанциях высокого напряжения // Итоги науки и техн. ВИНТИ. Сер. электр. станции, сети и системы. – М.: ВИНТИ. – 1966. – С. 65-184. 3. *Борисов Р.К., Балашов В.В.* Об обеспечении электромагнитной совместимости на электроэнергетических объектах. Электричество. № 3, 1998, с. 26-32. 4. *Бургсдорф В.В., Якобс А.И.* Заземляющие устройства электроустановок. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 400 с. 5. *Хоровиц П., Хилл. У* Искусство схемотехники: В 2-х т. Т. 1. Пер. с англ. Изд. 2-у, стереотип. – М.: Мир, 1984.-598 с.

Статья представлена канд. техн. наук, проф. НТУ «ХПИ» Машенко Т.Г.

Поступила в редакцию 14.11.2011