

**ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ
ВЕЛИЧИНИ СТРУМУ ВИТОКУ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ УСТАНОВОК
ДЛЯ ТЕПЛОВОЇ ОБРОБКИ І СУШІННЯ ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ**

В. П. Герасименко, старший викладач

ВП НУБіП України "Ніжинський агротехнічний інститут", м. Ніжин

E-mail: syavagvp@gmail.com

Анотація. Одним із ефективних технічних способів захисту від враження електричним струмом для установок теплової обробки і сушіння зернової сировини є застосування пристроїв захисного вимикання. Використання більш досконалих пристроїв, що містять в своєму складі аналізатор струму витоку, дає змогу попереджати і застерігати обслуговуючий персонал від ураження електричним струмом та наочно відображати зміну міцності ізоляції електрообладнання.

Метою дослідження є аналіз існуючих захисних засобів, які функціонують і здійснюють захист за рахунок контролю величини струмів витоку та запропонування технічного рішення, що забезпечить, окрім захисту на основі контролю за величиною струму витоку, також завчасне попередження про можливість досягнення ізоляцією порогових значень.

Для забезпечення автоматизованого контролю в режимі реального часу розроблено технічне рішення на базі мікроконтролера ATmega. Пристрій містить трансформатор струму нульової послідовності до виводів вторинної обмотки якого підключений захисний блок з аналізатором струму витоку.

Використання пристрою захисного вимикання, додатково обладнаного блоком-аналізатором струму витоку, дозволить контролювати величину струму витоку, попереджаючи та інформуючи обслуговуючий персонал про появу небезпечного значення струму витоку в системах електроживлення напругою 0,38 кВ електрообладнання установок для теплової обробки і сушіння зернової сировини.

Ключові слова: *струм витоку, мікроконтролер, мережа*

Актуальність. Вимогам безпечної експлуатації струмопровідних частин та електротехнічного обладнання для установок теплової обробки і сушіння зернової сировини приділяється велика увага. Крім загально вживаних документів використовується і спеціальний, як от наказ «Про затвердження Правил охорони праці для працівників, зайнятих на роботах зі зберігання та переробки зерна» [1, 2].

На основі науково-технічної літератури та нормативних документів можна сказати, що захист даних однофазних та трифазних мереж напругою 220/380 В передбачає три рівні захисту (рис. 1):

1) *основний захист* – це попереджувальні заходи проти прямого дотику за допомогою виключення контакту між людиною і небезпечними струмоведучими частинами, а саме:

- ізоляція, відповідна мінімальній випробувальній напрузі;
- посилена ізоляція, подвійна ізоляція (обладнання класу II);
- бар'єри, огорожі і оболонки;
- розміщення поза зоною досяжності.



Рис. 1. Треступінчата система захисту від небезпечних струмів

2) *захист при пошкодженнях* в електричних мережах може включати один або більше класичних захисних заходів:

- автоматичне відключення, зокрема з використанням пристроїв захисту від струмів короткого замикання;
- захисне заземлення;
- посилена і подвійна ізоляція;

- занулення;
- використання провідних частин (в тому числі екранів, оболонки) як PEN-провідники;
- захисний моніторинг ізоляції (вимірювання опору ізоляції, контроль цілісності ізоляції);
- безпечна наднизька напруга (устаткування класу III).

3) *додатковий захист* – його завдання забезпечити від ураження струмами витоку. Цей рівень забезпечується шляхом застосування пристроїв захисту, що реагують на струм витоку із уставкою не більше 100 мА. Відповідно до вимог ПУЕ додатковий захист повинен застосовуватися для переносних приладів і в електричних мережах, прокладених в приміщеннях з підвищеною небезпекою [1].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Нині основним методом контролю стану ізоляції є метод вимірювання опору ізоляції за допомогою мегомметра. Цей метод передбачає по чергові вимірювання опору ізоляції кожної фази щодо землі і між кожною парою фаз за відсутності напруги. Головний недолік цього методу полягає в періодичності контролю опору ізоляції, тому немає ніякої гарантії того, що при експлуатації електроустаткування між двома випробуваннями не відбудеться аварійних пошкоджень ізоляції. Також слід зазначити, що вимірювана мегомметром величина опору ізоляції не відповідає дійсному значенню при змінній напрузі 220/380 В. По-перше, оскільки вимірювання проводяться на постійній напрузі, то не враховується складова ємності опору ізоляції, але повний опір кожної фази щодо землі має активну і ємнісну складові. По-друге, величини омичного опору ізоляції для постійного і змінного струму різні. По-третє, оскільки опір ізоляції нелінійно залежить від прикладеної напруги, то значення опору ізоляції при напрузі мегомметра 500 чи 1000 В і при фазній напрузі мережі відрізнятимуться [3].

Таким чином, з указаних причин контроль ізоляції мегомметром не відображає дійсного стану ізоляції. Це підтверджує необхідність здійснення безперервного контролю ізоляції шляхом застосування спеціальних пристроїв. Найчастіше вживаними є пристрої, які працюють на реєстрації величини струму витоку, і

відключають електротехнічне обладнання при досягненні певної величини цього струму [4, 5].

Відомі наукові праці, в яких пропонується використання більш досконалих пристроїв, які містять в своєму складі аналізатор величини струму витoku, що дає змогу попереджати і застерігати обслуговуючий персонал від ураження електричним струмом та наочно відображати зміну міцності ізоляції електродвигунів [6, 7, 8].

Мета дослідження – аналіз існуючих захисних засобів, які функціонують і здійснюють захист за рахунок контролю величини струмів витoku та запропонування технічного рішення, що забезпечить, окрім захисту на основі контролю за величиною струму витoku, також завчасне попередження про можливість досягнення ізоляцією порогових значень.

Матеріали і методи дослідження. Оскільки в спеціалізованій літературі приводиться значення гранично допустимого добутку струму, що протікає тілом людини та часу його протікання, рівного $70 \text{ mA}\cdot\text{s}$, то ця величина взята за небезпечний струм витoku, а за гранично близький до безпечного взяте значення $50 \text{ mA}\cdot\text{s}$, як такий струм, що не викликає небезпеки фібриляції серця (рис. 2).

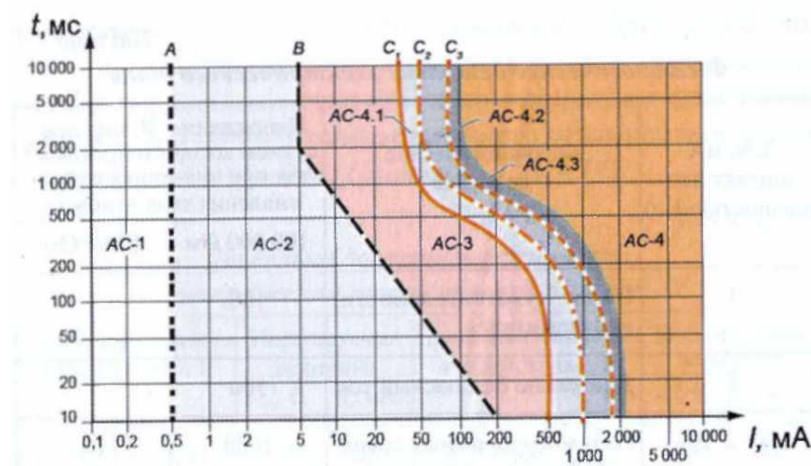


Рис. 2. Графік фізіологічної дії на людину змінного струму частотою 50/60 Гц

Результати досліджень та їх обговорення. Блок аналізатор побудований на мікроконтролері фірми ATMEL ATmega8. Принципова схема блоку-аналізатора зображено на рис.3.

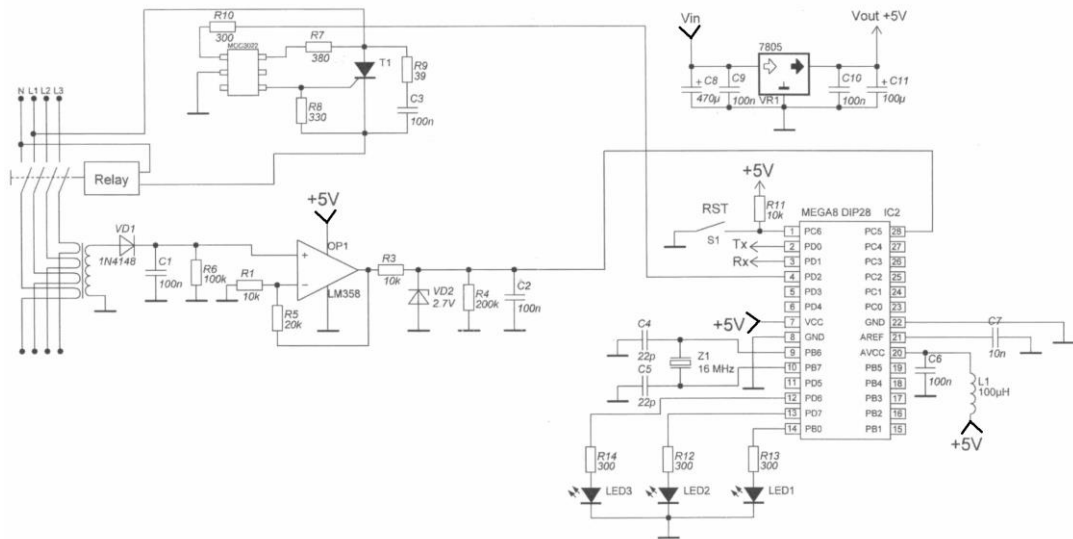


Рис.3. Принципова схема блоку-аналізатора



Рис.4. Блок аналізатор на мікроконтролері фірми АТМЕL АТmega8

Пристрій-аналізатор змонтовано в стандартному корпусі ПЗВ шляхом додаткового підключення додаткових плат наведених на рис.4. Зовнішній вигляд пристрою захисту від струмів витoku зображено на рис.5.



а

б

Рис.5. Пристрій-аналізатор струмів витoku:

а – зовнішній вигляд; *б* – будова пристрою

Пристрій містить трансформатор струму нульової послідовності (ТСНП) до виводів вторинної обмотки якого підключений захисний блок з аналізатором струму витоку. На передній панелі аналізатора струмів витоку розташовані сигнальні лампочки HL1 - HL3, які сигналізують обслуговуючому персоналу про появу та темп зростання струму витоку у мережі 0,38 кВ. Алгоритм роботи пристрою наведено на рис. 6.

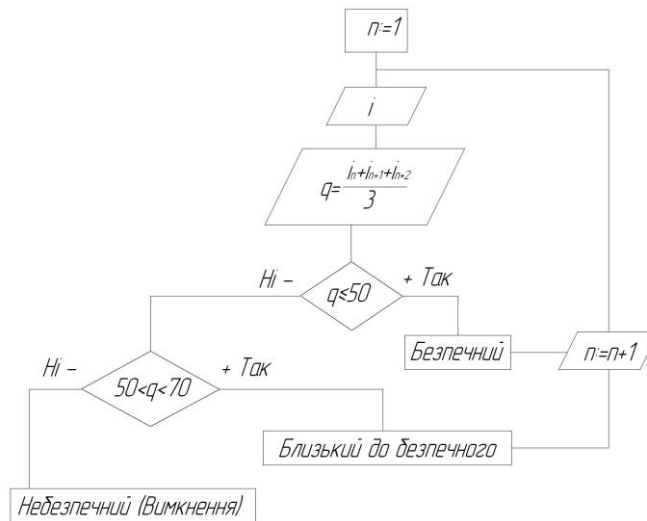


Рис. 6. Алгоритм роботи пристрою

Принцип роботи запропонованого пристрою полягає в тому, що блок-аналізатор струмів витоку працює за умовою $q = \frac{i_n + i_{n+1} + i_{n+2}}{3}$ і має три програмовані ступені режиму темпу зростання струму витоку: перший режим – коли $q \leq 50$ - «Безпечний струму витоку в мережі»; другий режим – коли $50 < q < 70$ - «Близький до безпечного струму витоку в мережі»; третій режим – коли $q \geq 70$ - «Небезпечний струму витоку в мережі». За відсутності, чи появи незначного струму витоку, величина якого знаходиться в межах допустимих за першим режимом роботи, горить сигнальна лампочка HL1, що сигналізує обслуговуючому персоналу про «Безпечний рівень струму витоку в мережі». Якщо ж струм витоку в мережі починає зростати, але залишається в певних межах, тобто не досягає граничної межі і знаходиться в межах $50 < q < 70$, то загоряється сигнальна лампочка HL2. При перевищенні граничної межі величини струму витоку загоряється сигнальна

лампочка HL3, при цьому розмикається контакти аналізатора, що ввімкнений у коло котушки електромагнітного пускача КМ1, силові контакти якого КМ1.1 розмикають коло живлення. Пристрій має функцію внутрішнього контролю за граничним струмом витоку, яка запускається натисканням кнопки «Тест».

Висновки і перспективи. Використання пристрою захисного вимикання, додатково обладнаного блоком-аналізатором струму витоку, дозволить контролювати величину струму витоку, попереджаючи та інформуючи обслуговуючий персонал про появу небезпечного значення струму витоку в системах електроживлення напругою 0,38 кВ електрообладнання установок для теплової обробки і сушіння зернової сировини.

Список використаних джерел

1. Правила улаштування електроустановок. МІНЕНЕРГОВУГІЛЛЯ УКРАЇНИ. К., 2017. 619 с.
2. Правила охорони праці для працівників, зайнятих на роботах зі зберігання та переробки зерна. Затверджено наказом Міністерства соціальної політики України 20.09.2017 № 1504, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 23 жовтня 2017 р. за № 1288/31156.
3. Манойлов В. Е. Основы электробезопасности. Л.: Энергия. 1986. 147 с.
4. Монаков В.К. УЗО. Теория и практика. М.: ЗАО «Энергосервис», 2007. 368с.
5. Штепан Ф. Устройства защитного отключения, управляемые дифференциальным током. Прага, 2004. 90с.
6. Пристрій-аналізатор струму із захисним відключенням мережі. Патент на корисну модель №73936. Козирський В. В., Герасименко В. П., Петренко А. В.; публікація відомостей 10.10.2012, Бюл. №19.
7. Gerasymenko V., Kozyrskiy V., Maiborodina N., Kovalov O. Mathematical Model Changing the Value of the Process of Leakage Current in 0.38 kV Networks. Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations. Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 339 – 348.
8. Герасименко В. П. Апаратно-програмна реалізація інтелектуальної комп'ютерно-інтегрованої системи контролю та прогнозування величини струму витоку електрообладнання тваринницького приміщення. Енергетика і автоматика». 2020. №2 С. 77 – 85.

References

1. Pravyla ulashtuvannia elektroustanovok (2019). [Rules of arrangement of electrical installations]. MINENERHOVUHILLIA UKRAINY. Kyiv, 619.
2. Pravyla okhorony pratsi dlia pratsivnykiv, zainiatykh na robotakh zi zberihannia ta pererobky zerna (2017). [Occupational safety rules for workers engaged in grain storage and processing.]. Zatverdzheno nakazom Ministerstva sotsialnoi polityky Ukrainy

20.09.2017 № 1504, zareiestrovano v Ministerstvi yustytsii Ukrainy 23 zhovtnia 2017 r. za № 1288/31156.

3. Manoylov, V. E. (1986). Osnovy elektrobezopasnosti [Basics of electrical safety]. Leningrad: Energiya, 147.

4. Monakov, V. K. (2007). UZO. Teoriya i praktika [RCD. Theory and practice]. Moskow: ZAO «Energoservis», 368.

5. Shtepan, F. (2004). Ustroystva zashchitnogo otklyucheniya, upravlyayemyye differentsial'nym tokom [Residual current circuit breakers]. Praga, 90.

6. Prystrij-analizator strumu iz zakhysnym vidkliuchenniam merezhi [Device-analyzer of current with protective disconnection of a network.]. Patent na korysnu model №73936. Kozyrskiy V. V., Gerasymenko V. P., Petrenko A. V.; publikatsiia vidomostei 10.10.2012, Biul. №19.

7. Gerasymenko, V., Kozyrskiy, V., Maiborodina, N., Kovalov, O. (2019). Mathematical Model Changing the Value of the Process of Leakage Current in 0.38 kV Networks. Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations. Cham: Springer International Publishing, 339 – 348.

8. Gerasymenko, V. P. (2020). Aparatno-prohramna realizatsiia intelektualnoi komp'uterno-intehrovanoi systemy kontroliu ta prohnozuvannia velychyny strumu vytoku elektroobladnannia tvarynnytskoho prymishchennia. Enerhetyka i avtomatyka», 2, 77 – 85.

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ВЕЛИЧИНЫ ТОКА УТЕЧКИ
ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ УСТАНОВОК ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ
И СУШКИ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ**

В. П. Герасименко

Аннотация. Одним из эффективных технических способов защиты от поражения электрическим током для установок тепловой обработки и сушки зернового сырья является применение устройств защитного отключения. Использование более совершенных устройств, содержащих в своем составе анализатор тока утечки, позволяет предупреждать и предотвращать обслуживающий персонал от поражения электрическим током и наглядно отображать изменение прочности изоляции электрооборудования.

Целью исследования является анализ существующих защитных средств, которые функционируют и осуществляют защиту за счет контроля величины токов утечки и предложение технического решения, которое обеспечит, кроме защиты на основе контроля за величиной тока утечки, также заблаговременное предупреждение о возможности достижения изоляцией пороговых значений.

Для обеспечения автоматизированного контроля в режиме реального времени разработано техническое решение на базе микроконтроллера ATmega. Устройство содержит трансформатор тока нулевой последовательности, к выводам вторичной обмотки которого подключен защитный блок с анализатором тока утечки.

Использование устройства защитного отключения, дополнительно оборудованного блоком-анализатором тока утечки, позволит контролировать величину тока утечки, предупреждая и информируя обслуживающий персонал о появлении опасного значения тока утечки в системах электропитания 0,38 кВ электрооборудования установок для тепловой обработки и сушки зернового сырья.

Ключевые слова: *ток утечки, микроконтроллер, сеть*

CONTROL AND FORECASTING INTELLECTUAL SYSTEM OF THE CURRENT LEAK VALUE OF ELECTRICAL EQUIPMENT OF INSTALLATIONS FOR HEAT TREATMENT AND DRYING

V. Gerasimenko

Abstract. *One of the effective technical methods of protection against electric shock for heat treatment and drying of grain raw materials is the use of protective switching devices. The use of more advanced devices, which include a leakage current analyzer, allows you to warn and warn service personnel against electric shock and clearly reflect changes in the insulation strength of electrical equipment.*

The aim of the study is to analyze the existing protective equipment that operates and provides protection by controlling the magnitude of leakage currents and proposing a technical solution that will provide, in addition to protection based on leakage current control, also early warning of the possibility of insulation thresholds.

To provide automated real-time control, a technical solution based on the ATmega microcontroller has been developed. The device includes a zero-sequence current transformer to the terminals of the secondary winding which is connected to a protective unit with a leakage current analyzer.

The use of a protective switching device, additionally equipped with a leakage current analyzer unit, will allow monitoring the amount of leakage current, warning and informing service personnel about the appearance of dangerous leakage current in 0.38 kV power supply systems for heat treatment and drying of grain.

Key words: *leakage current, microcontroller, network*