



УДК 621.315.1

**IMPLEMENTATION OF HIGH-SPEED MICROPROCESSOR BACKUP  
POWER SOURCES AT AN INDUSTRIAL ENTERPRISE****ВПРОВАДЖЕННЯ ШВИДКОДЮЧИХ МІКРОПРОЦЕСОРНИХ РЕЗЕРВНИХ  
ДЖЕРЕЛ ЖИВЛЕННЯ НА ПРОМИСЛОВОМУ ПІДПРИЄМСТВІ****Fedoriv M.Y. / Федорів М.Й.***c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-8917-4159

**Hlad I.V. / Гладь І.В.***c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0002-8247-655X

**Batsala Y.V. / Бацала Я.В.***c.t.s., as.prof. / к.т.н., доц.*

ORCID: 0000-0003-4964-407X

*Ivano Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,**Ivano Frankivsk, Karpatska, 15, 76019**Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу,**Івано-Франківськ, Карпатська, 15, 76019*

**Анотація.** В роботі розглядається проблеми забезпечення надійності електропостачання. Запропоновано реалізацію мікропроцесорного швидкодіючого автоматичного введення резерву.

**Ключові слова:** електропостачання, електричні мережі, надійність електропостачання, пристрій автоматичного увімкнення резервного джерела живлення, мікропроцесорні резервні джерела живлення.

**Вступ.**

Одна з основних задач, що вирішуються при організації роботи енергетичної системи, є забезпечення якісного і безперебійного електропостачання споживачів. Провали, переривання та викиди напруги електричної мережі є найбільш розповсюдженими причинами збоїв у промисловій роботі підприємств і пошкоджень побутового обладнання, наносять істотний економічний збиток як споживачам, так і постачальникам електроенергії.

**Основний текст.** Короткочасні порушення електропостачання небезпечні, перш за все, для підприємств зі складними технологічними процесами, що широко використовують засоби автоматизації для вирішення своїх задач: нафтогазовидобувних і переробних, металургійних і хімічних, деревообробних, підприємств водопостачання, водовідведення та інших. На роботу високовольтних двигунів, низьковольтних двигунів приводів насосів, пристроїв управління елементами електротехнічних систем і технологічних процесів цих підприємств здійснюють вплив короткі за тривалістю провали живильної напруги.

Тимчасові порушення електропостачання відбуваються десятки разів на рік і призводять до значної економічної шкоди, навіть якщо їх тривалість складає десятки мілісекунд. В такій ситуації вирішення проблеми надійності електропостачання все частіше покладається на споживачів електроенергії.



Одним із принципів, на базі яких мають виконуватися схеми електропостачання підприємств, є глибоке резервування живлення для відповідних категорій споживачів. Таке резервування має передбачатися у самій схемі електропостачання від енергосистеми до електропостачання від енергосистеми до електроприймача. Для цього усі елементи схеми (лінії, трансформатори) повинні розраховуватися напевне навантаження у тривалому нормальному режимі роботи, а у після аварійному режимі, після виключення з роботи ушкодженої ланки схеми приймати на себе живлення усіх споживачів, що залишилися в роботі і не допускають перерву в електропостачанні, враховуючи при цьому допустимі перевантаження [1].

Традиційно в електричних мережах для боротьби з перервами в електропостачанні застосовуються пристрої автоматичного увімкнення резервного джерела живлення. У якості пускового органу в цих пристроях, як правило, використовується орган мінімальної напруги. Незважаючи на те, що споживачам потрібно якнайшвидше одержати електроживлення, необхідно сповільнити спрацювання пускового органу резервного джерела живлення для запобігання його зайвої дії при короткому замиканні на суміжних ділянках мережі і при дії пристроїв автоматичного повторного включення живильних ліній. У результаті, витримка часу на дію резервного джерела живлення може досягати декількох секунд.

Така витримка часу дії резервного джерела живлення неприпустима, якщо поставлено завдання зберегти безперервність складних технологічних процесів на промислових підприємствах, оскільки в результаті відбувається випадання з синхронізму синхронних двигунів, перекидання асинхронних двигунів, відключення контакторів і пускачів напругою 380 В, відключення частотно-регульованих приводів та установок електровідцентрових насосів, збої в роботі іншого відповідального навантаження і систем управління.

Класифікація споживачів за способом збереження їх функціональних можливостей при короткочасних порушеннях електропостачання:

- високовольтні (напругою 6...10 кВ) електричні двигуни. Під час тимчасових порушень електропостачання електродвигуни гальмуються, а після відновлення нормального електропостачання можуть споживати з мережі струми (5...7)  $I_{НОМ}$  в основному за рахунок реактивної складової. Збільшення споживання реактивної потужності з мережі призводить до зниження напруги в мережі та на двигунах після тимчасового порушення електропостачання, яке і може бути причиною порушення функціональних можливостей двигунів. Дослідження показують, що успішний самозапуск двигунів з традиційним резервним джерелом живлення можливий при сумарній потужності двигунів 0,2 ... 0,3 від потужності живильного трансформатора, а сумарна потужність електродвигуна має бути співрозмірна з потужністю трансформатора.

- низьковольтні (напругою 380 В) електричні двигуни. Значну частину таких двигунів складають асинхронні двигуни з короткозамкненим ротором, у яких особливих проблем із самозапуском немає. Однак ці двигуни підключаються до мережі магнітними пускачами, які утримуються у включеному стані електромагнітами, підключеними до силової мережі. При

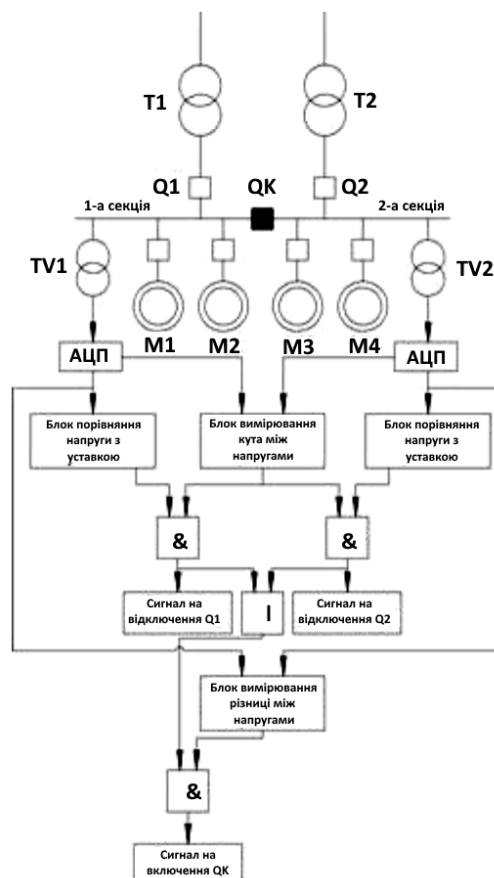


провалах напруги (у період короточасних порушень електропостачання) відбувається масове відключення електричних двигунів, що може служити причиною порушень технологічних процесів виробництв.

- пристрої управління елементами електротехнічних систем (наприклад, частотними перетворювачами) і технологічних процесів виробництва. Такі пристрої основне живлення отримують від електричної мережі, а допустима тривалість перевир їх електропостачання складає  $t_{\text{доп}} < 0,1$  с. Тому будь-який провал напруги викликає порушення функціонування систем управління, які призводять, в кінцевому результаті, до порушення технологічних процесів виробництв.

Ефективно вирішує проблеми тимчасових порушень електропостачання застосування систем швидкодіючого автоматичного введення резерву, що дозволяють здійснити майже миттєвий перехід на резервне джерело живлення [2]. Основні елементи швидкодіючого автоматичного введення резерву, що визначають його ефективність і швидкодію, - це пусковий пристрій та комутаційні апарати, що виконують перемикання.

Пропонується наступна реалізація мікропроцесорного швидкодіючого автоматичного введення резерву, показана на рисунку 1, для схеми, що складається з двох паралельно працюючих трансформаторів на секційовану систему шин, від якої живляться асинхронні двигуни.



**Рисунок 1 – Структурна схема реалізації мікропроцесорного пристрою швидкодіючого автоматичного введення резерву**



У схему, представлену на рисунку 1, входять:

- аналого-цифрові перетворювачі;
- блоки порівняння напруг з вставками;
- блок вимірювання кута між векторами напруг першої і другої секцій;
- блок вимірювання різниці між напругами першої і другої секцій;
- логічні блоки «І» та «АБО».

Робота аналого-цифрових перетворювачів у цій схемі заснована на представленні синусоїди у вигляді ступінчастого сигналу. Робота блоку вимірювання кута між напругами полягає у вимірі різниці між ступінчастими сигналами першої та другої секцій та за тривалістю сигналу різниці визначення величини кута між напругами обох секцій. Якщо величина кута між секціями стає рівною  $90^\circ$ , то на виході з'являється сигнал «1», якщо величина кута менше  $90^\circ$ , то сигнал на виході буде «0». Д

У нормальному режимі секції живляться від своїх трансформаторів Т1 і Т2 і пристрій швидкодіючого автоматичного введення резерву не вводиться в дію через сигнал «0» від блоків порівняння напруги із заданою уставкою.

Робота пристрою заснована на такому алгоритмі. При втраті живлення на першій секції система векторів електрорушійних сил двигунів, що вибігають, почне обертатися щодо системи векторів напруги другої секції і напруга на першій секції почне знижуватися. При досягненні куту між векторами напруг двох секцій значення, рівного  $90^\circ$ , і при зниженні напруги першої секції нижче заданого рівня на виході блоків порівняння напруги із уставкою та вимірювання кута між напругами з'являються сигнали «1». Ці сигнали подаються на вхід логічного блоку «І», який дає сигнал на відключення вимикача першої секції Q1, якщо сигнал на його виході дорівнює «1». Одночасно з цим здійснюється контроль різниці напруги між двома секціями та при досягненні різниці менше  $1,4 U_{ном}$  на виході блоку вимірювання різниці напруги з'явиться сигнал «1». Для правильної роботи пристрою передбачений логічний блок «АБО», який виключає хибне включення секційного вимикача QK при різниці між напругами більше  $1,4 U_{ном}$ . Сигнали від блоку вимірювання різниці напруги і від логічного блоку «АБО» подаються на логічний блок «І», який дає сигнал на включення секційного вимикача QK при наявності сигналу «1» на його виході.

У разі виникнення трифазних або однофазних коротких замикань на відхідних лініях кут між векторами напруг першої та другої секцій буде менше  $90^\circ$  та на виході блоку вимірювання кута між напругою буде сигнал «0», який не призводить до неправильної роботи пристрою. При виникненні двофазних коротких замикань на відхідних приєднаннях напруга на секції не знизиться нижче уставки і на виході блоку порівняння напруги із уставкою буде сигнал рівний «0».

Таким чином, контроль рівня напруги на секціях і величини кута між векторами напруг обох секцій дозволяє виключити неправильну роботу пристрою при різних видах коротких замикань на відхідних приєднаннях [3]. За зазначеними вище причинами пристрій не буде спрацьовувати і при виникненні коротких замикань на живлячих приєднаннях, які повинні відключатися швидкодіючими захистами.



Таким чином, призначення розглянутого пристрою швидкодіючого автоматичного введення резерву полягає в забезпеченні невідключень будь-яких споживачів електричної енергії промислового підприємства шляхом їх перемикання на резервне джерело живлення за час не більше 40 мс при короткочасних порушеннях електропостачання на електричних підстанціях, розподільчих пристроях, головних низьких підстанціях з вакуумними вимикачами. Область застосування - розподільчі пристрої (підстанції) з незалежними джерелами електроживлення, що мають навантаження, високочутливе до короткочасних порушень електропостачання:

- напругою 0,38 кВ,
- напругою 6 і 10 кВ.

Впровадження швидкодіючих мікропроцесорних резервних джерел живлення дозволяє досягти наступних цілей:

- ✓ забезпечити надійне і безперервне електропостачання споживачів за рахунок швидкодіючого вводу (не більше 40 мс) резервного живлення в випадку аварійних і ненормальних режимів в живлячих електричних мережах;
- ✓ підвищити залишкові напруги на шинах ТП 6(10)/0,4 кВ та істотно зменшити відпадання магнітних пускачів, контакторів в ланцюзі живлення низьковольтних електродвигунів, збоїв комп'ютерних систем управління, відключень перетворювачів частоти і напруги;
- ✓ забезпечити успішний самозапуск усіх електродвигунів після відновлення електропостачання споживачів;
- ✓ виконати осцилографування параметрів режиму (заданий період до порушення електропостачання, весь процес тимчасового порушення електропостачання та період після перемикання на резервне джерело) в енергонезалежній пам'яті з загальною тривалістю запису до кількох десятків годин (залежить від обсягу встановленої flash-пам'яті).

### **Висновки.**

Впровадження комплексу швидкодіючого автоматичного введення резерву дозволить:

- 1) забезпечити надійне і безперервне електропостачання споживачів у випадку аварійних та ненормальних режимів у живлячих та розподільних електричних мережах;
- 2) підвищити залишкові напруги на шинах ТП 6(10)/0,4 кВ (на рівні вище  $0,9 U_{ном}$ ), мінімізувати відпадання магнітних пускачів і контакторів у ланцюзі живлення низьковольтних електродвигунів, попередити збої комп'ютерних систем управління;
- 3) забезпечити успішний самозапуск усіх електродвигунів після відновлення електропостачання;
- 4) запобігти дороговартісним перервам в роботі технологічного обладнання;
- 5) підвищити ресурс електродвигунів, насосів, трансформаторів з огляду зниження струмів самозапуску в 2...3 рази та відсутності необхідності повторних пусків агрегатів;



б) знизити ризики екологічних катастроф при порушеннях електропостачання в енергосистемі;

7) підвищити рівень автоматизації виробництва, збільшити продуктивність.

Слід також зазначити, що за статистикою комплекс швидкодіючого автоматичного введення резерву окуповується в середньому за рік, що робить це рішення вкрай привабливим.

### Література:

1. Електричні мережі та системи: Конспект лекцій [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 141«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», спеціалізації «Інжиніринг інтелектуальних електротехнічних та мехатронних комплексів» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: С. П. Шевчук, О. В. Мейта. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022.– 167 с.

2. Грищук Ю.С. Мікропроцесорні пристрої: навч. посіб. – Харків: НТУ «ХП», 2007. – 280 с.

3. Електричні системи і мережі. Частина 1 : навч. посіб. / Ю. В. Малогулко, О. Б. Бурикін, Т. Л. Кацадзе, В. В. Нетребський; за ред. П. Д. Лежнюка. – Вінниця: ВНТУ, 2020. – 200 с.

**Abstract.** *The paper considers the problems of ensuring the reliability of electricity supply. The implementation of microprocessor-based high-speed automatic reserve input is proposed.*

**Key words:** *electricity supply, electrical networks, reliability of electricity supply, automatically turning on a backup power source device, microprocessor backup power sources.*