

О. О. Дмитренко¹
В. В. Заколюдажний¹

АВТОМАТИЧНЕ ВВЕДЕННЯ РЕЗЕРВУ МАГІСТРАЛІ РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ АТОМНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

¹Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Розглянуто принципи побудови інтелектуальної автоматизованої передачі навантаження резервного джерела живлення власних потреб атомної електростанції. В якості складової частини автоматичної системи збору і передачі даних ARGON пропонуються алгоритми автоматичної передачі навантаження резервного живлення для Запорізької АЕС.

На сьогодні резервна лінія живлення (вхідні та секційні вимикачі 6,3 кВ) не оснащена автоматичною системою передачі навантаження. Це приводить до необхідності ручного управління вимикачами резервних ліній електроживлення у разі зникнення резервної напруги, яке, з урахуванням людського фактора, може мати такі негативні наслідки: велика перерва живлення механізмів власних потреб з подальшим невдалим самозапуском електродвигунів, можливе несинхронне перемикання різних резервних силових трансформаторів на одну шину, може привести до конкретної відмови та ін. В результаті висока ймовірність зупинки одного або декількох блоків, які з урахуванням їх потужності (1000 МВт кожна) можуть привести до катастрофічних наслідків в єдиній енергетичній системі України.

Запропоновано алгоритм роботи інтелектуального автоматичного завантаження навантаження для однієї з базових схем, яка включає в себе включення секційного перемикача лінії резервного живлення в разі падіння напруги або відключення робочого входу резервної потужності трансформатора власних потреб. Розглянуто одну з нормальних схем резервних ліній електроживлення — два основних силових трансформатора ввімкнені, а один відключений. Автоматична передача навантаження повинна відключати вхід фідера (якщо він ще не відключений) і ввімкнути секційний перемикач. Розглянуто 2 випадки — автоматична передача навантаження успішна або неуспішна.

Використання автоматичної системи перенесення ARGON дозволить:

1. Значно збільшити рівень інформаційного забезпечення релейного і експлуатаційного персоналу Запорізької АЕС за рахунок використання сучасних мікропроцесорних реле, цифрових мультиметрів і дискретних пристроїв введення/виведення в якості інформаційних датчиків.

2. Підвищити надійність функціонування системи власних потреб Запорізької АЕС, скоротити час втрати потужності відповідальними механізмами власних потреб, значно скоротити випадки аварійних комутаційних пристроїв резервних ліній електропостачання.

Ключові слова: мікропроцесорні пристрої релейного захисту, цифрові блоки входів-виходів, система збору і передачі інформації.

Вступ

Одним з напрямів прикладних досліджень, які проводяться кафедрою автоматизації енергосистем НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського», є розробка та впровадження автоматизованих систем управління, збору та передачі інформації з електроенергетичних об'єктів. У 2006 р. Державним департаментом інтелектуальної власності Міністерства освіти і науки видано Свідоцтво про реєстрацію авторського права на програмну складову автоматизованої системи збору та передачі інформації (АСЗІ МП) «АРГОН». На сьогодні кафедрою автоматизації енергосистем спільно з ТОВ «Спеценергокомплекс» встановлено АСЗІ МП «АРГОН» більш ніж на тридцяти об'єктах 110—750 кВ ДП НЕК «Укренерго» [1]. У 2012—2014 рр. успішно впроваджено АСЗІ МП «АРГОН» разом з автоматизованою системою управління MicroScada (ABB, Швеція) на пристанційних вузлах сонячних електростанцій (СЕС) Південної енергосистеми (ПЕС) ДП НЕК «Укренерго» [2].

У 2014—2015 рр. на замовлення Запорізької АЕС розроблено проект «Запорізька АЕС. Встановлення ПРТ-3 біля блока № 4 ВП ЗАЕС. Релейний захист і автоматика резервних трансформаторів

власних потреб № 5, 6 та магістралей резервного живлення». Однією зі складових було проектування «АВР магістралей резервного живлення та автоматизованої системи збору інформації і управління вимикачами 6 кВ» [3]. Цей розділ проекту виконувався кафедрою автоматизації енергосистем сумісно з ТОВ «Спеценергокомплекс».

Систему власних потреб (ВП) станції складає допоміжне обладнання, необхідне для економічної та надійної роботи електричної станції, а також відповідна система керування. Установки ВП є важливим елементом електричних станцій. Пошкодження в системі власних потреб призводить до порушення роботи станцій та до аварійного стану енергосистеми в цілому. Нормальна робота електростанції та безпека її обслуговування можливі лише за умови надійної роботи системи ВП.

Електропостачання систем власних потреб електричних станцій забезпечується оптимально, якщо воно здійснюється від енергосистеми та генераторів станції, а надійність — за використання сучасних швидкодійних захистів, автоматичного регулювання збудження генераторів, асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором, раціональної побудови схем електропостачання власних потреб, використанні АВР та самозапуску електродвигунів [4]. Для особливо відповідальних споживачів передбачають незалежні джерела енергії (дизель-генератори та акумуляторні батареї).

Останніми десятиліттями на багатьох електроенергетичних об'єктах України, у т.ч. і на атомних електростанціях активно впроваджуються мікропроцесорні пристрої релейного захисту та автоматики (МП РЗА). Їх широкі можливості дозволяють не тільки виконати задані функції РЗА, але й забезпечити виконання функцій збору, реєстрації, зберігання і передачі на верхній рівень інформації про спрацювання пристроїв РЗА і стану об'єкту моніторингу, замінивши при цьому низку традиційних пристроїв телемеханіки [1]. Також їх можна використовувати в якості пристроїв керування комутаційним обладнанням. Окрім МП РЗА на електроенергетичних об'єктах України широко використовуються цифрові мультиметри (ЦМ), цифрові блоки дискретних входів та виходів (ЦЮ). Використання вищеперерахованого обладнання дозволяє створити сучасну систему моніторингу та керування ВП АЕС, яка відповідає сучасним вимогам.

Передумови застосування АВР магістралей резервного живлення та автоматизованої системи збору інформації і управління вимикачами 6 кВ ЗАЕС

На ЗАЕС в експлуатації знаходяться 6 генераторів (рис. 1).

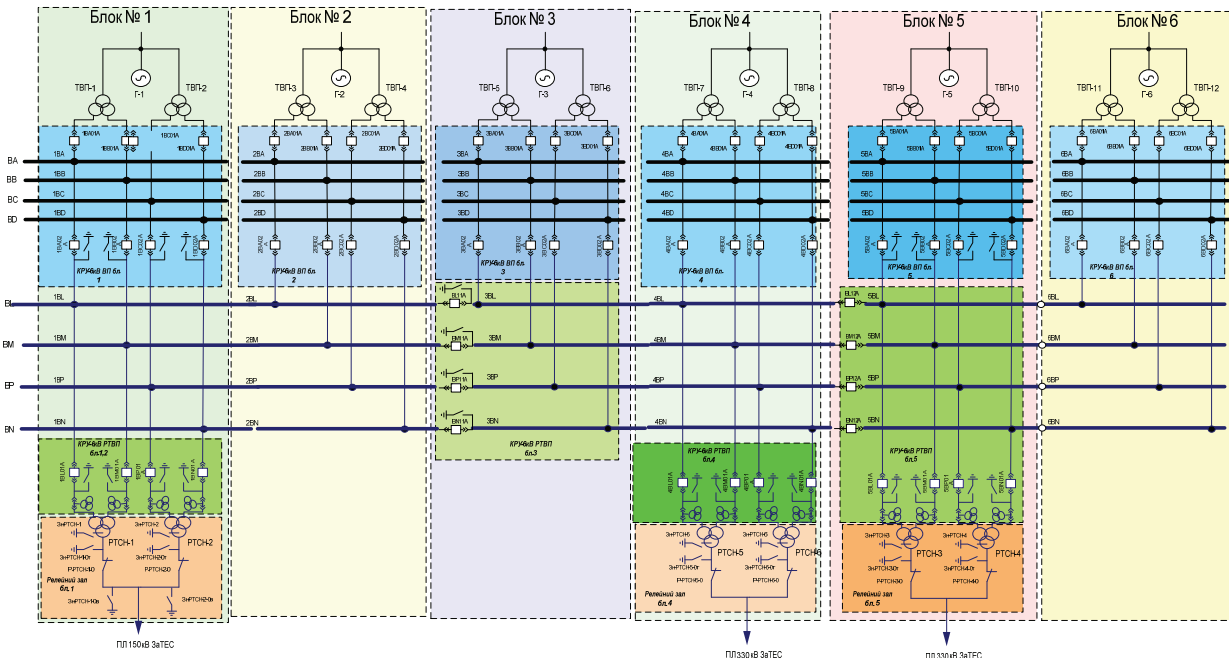


Рис. 1. Загальна схема секцій ВП та МРЖ Запорізької АЕС

ВП блока мають потужне навантаження — електродвигуни головних циркуляційних насосів, циркуляційних насосів, насосів подачі води на градирню та ін. Живлення ВП в нормальному режимі забезпечується генераторною напругою від 4-х секцій 6,3 кВ ВП (ВА, ВВ, ВС, ВD), що підключені до робочих джерел живлення через робочі вводи ВП до обмоток НН двох трансформаторів

ВП (ТВП). У разі пошкодження в робочих джерелах живлення та їх аварійному відключенні або у разі виведення робочого джерела в ремонт передбачається застосування для кожної секції ВП пристрою АВР джерела живлення шляхом відключення робочого вводу ВП та включення резервного. При цьому живлення секції ВП переводиться на живлення від резервного джерела. Магістраль резервного живлення (МРЖ) складається з чотирьох секціонованих шин 6,3 кВ, підключених до обмоток НН резервних трансформаторів ВП (РТВП), які живляться від стороннього джерела — Запорізької ТЕС. На сьогодні в експлуатації знаходяться два РТВП та запроектовано третій.

Існуюча система АВР ВП функціонує таким чином. Зі зникненням або зниженням напруги на шинах ВП 6,3 кВ у разі ввімкнених вимикачів робочого живлення пуск АВР виконується пусковим органом мінімальної напруги АВР секції 6,3 кВ (установка спрацювання — $U = 0,25U_n$, час спрацювання — $t = 0,6$ с). В такому випадку за наявності напруги зі сторони резервного живлення та введеного в дію перемикача АВР виконується вимкнення робочого живлення секції, після чого відбувається автоматичне включення резервного живлення.

На сьогодні МРЖ (вводи МРЖ 6,3 кВ та секційні вимикачі МРЖ) системою АВР не обладнана. Це приводить до необхідності ручного управління вимикачами МРЖ у разі зникнення резервної напруги, що з урахуванням людського фактору може мати такі негативні наслідки: велика перерва в живленні механізмів ВП з подальшим неправильним самозапуском електродвигунів, можливе несинхронне включення різних РТВП на одну шину МРЖ, можливе включення на неліквідоване КЗ та ін. В результаті — висока ймовірність зупинки одного або кількох блоків, що з урахуванням їх потужності (1000 МВт кожний), може спричинити катастрофічні наслідки в ОЕС України.

Призначення та основні функції іАВР АРГОН ЗАЕС

З метою підвищення надійності роботи ЗАЕС відповідно до «Завдання на проектування. Запорізька АЕС. Встановлення ПРТ-3 біля блока № 4 ВП ЗАЕС. Релейний захист і автоматика резервних трансформаторів власних потреб № 5, 6 та магістралей резервного живлення» спеціалістами кафедри автоматизації енергосистем та ТОВ «Спеценергокомплекс» розроблялись проектні рішення АВР МРЖ. Під час розробки алгоритму роботи АВР МРЖ враховувались такі вимоги:

- а) пристрій АВР повинен діяти по факту втрати живлення від робочого джерела МРЖ;
- б) з метою зменшення тривалості перерви живлення споживачів пристрій АВР повинен вмикати резервне джерело живлення відразу ж після відключення робочого;
- в) щоб уникнути включення резервного джерела на неусунене к.з., необхідно передбачити заборону АВР при спрацюванні пристроїв РЗА;
- г) щоб уникнути багаторазового включення резервного джерела на не усунене к.з., дія пристроїв АВР повинна бути одноразовою;
- д) у разі зникнення живлення споживачів за умовою наявності не відключеного вимикача на вводі робочого джерела живлення, необхідно передбачити дію АВР з пусковим органом мінімальної напруги;
- е) при реалізації нової схеми АВР повинні забезпечуватись нормальні умови самозапуску електродвигунів;
- ж) в якості системи управління АВР МРЖ-6 кВ повинні бути застосовані програмно-технічні засоби, які повинні виконувати такі функції:
 - приймання та обробку вихідних сигналів від первинних вимірювальних перетворювачів струму і напруги;
 - приймання та обробку дискретних сигналів про положення вимикачів 6 кВ МРЖ;
 - приймання та обробку сигналів від пристроїв захисту і блокування;
 - автоматичне включення вимикачів 6 кВ МРЖ задля подавання живлення на відключену ділянку резервного живлення;
 - індикацію про стан МРЖ-6 кВ;
 - діагностику дієздатності складових частин програмно-технічного комплексу.

Для розв'язання поставленої задачі проектантми запропоновано за базисну систему використати розроблену на кафедрі АЕ систему управління, збору та передачі інформації «АРГОН» [2]. Особлива увага під час створення проекту була приділена питанню забезпечення нормальних умов самозапуску електродвигунів ВП.

На рис. 2 показана запропонована структура локальної мережі іАВР АРГОН.

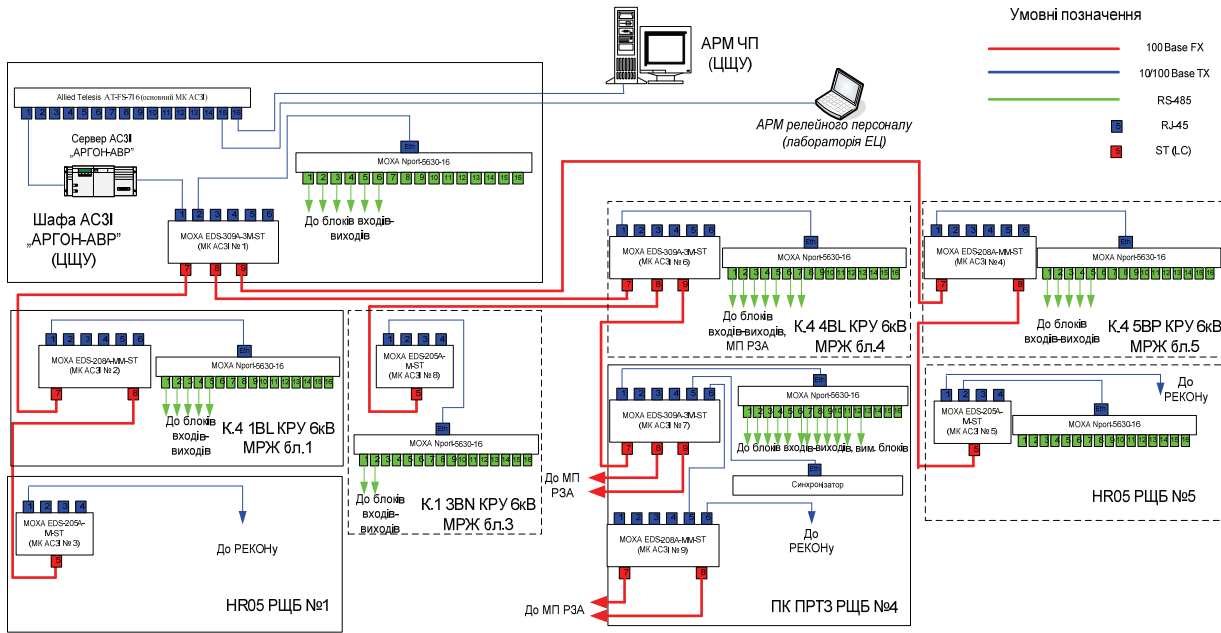


Рис. 2. Структура локальної мережі іАВР АРГОН

Особливістю під час створення структурної схеми іАВР АРГОН було те, що МП РЗА, ЦМ, контакти реле-повторювачів стану комутаційного обладнання та електромеханічних і мікроелектронних захистів на АЕС розміщені у багатьох релейних залах в приміщеннях енергоблоків станції та на центральному щиті управління (ЦЦУ). Причому, відстані між цими приміщеннями досить значні — від сотень метрів до 2-х кілометрів. Кількість контактів, необхідних для повноцінного моніторингу, цифрових давачів інформації (МП РЗА та ЦМ) досягає кількох сотень. Тому забезпечити збір інформації в одному єдиному центрі технічно можливо, але з урахуванням значної вартості оптичної кабельної мережі, економічно недоцільно. Саме тому для розробленої системи запропоновано розгалужену структуру з основним центром моніторингу та керування в ЦЦУ та локальними центрами та кінцевими пунктами керування та моніторингу у відповідних приміщеннях релейних залів енергоблоків. Кожний локальний центр та кінцевий пункт має розгалужену оптично-кабельну мережу, обладнання для збору та передачі інформації, а зв'язки між кінцевими пунктами, локальними центрами та основним центром моніторингу забезпечуються за допомогою резервованої оптичної мережі Ethernet. З метою унеможливлення несанкціонованого доступу ззовні, локальна мережа іАВР АРГОН не зв'язана з локальною мережею ЗАЕС.

Алгоритмічне забезпечення іАВР АРГОН ЗАЕС

Алгоритми роботи іАВР АРГОН розроблялись з урахуванням умови неодноразової роботи ПРТ-2 та ПРТ-3. Для наочності всі можливі ситуації стану основних та резервних введів ВП, МРЖ та введів РТВП зведені до низки можливих вихідних схем.

В цій статті авторами запропоновано алгоритм роботи іАВР для одної зі схем, а саме Схеми 1, яка передбачає включення секційного вимикача МРЖ BL11A у разі зникнення напруги або відключення працюючого вводу 1BL01A РТВП-1. Вихідний стан (рис. 3) — в роботі ПРТ-1 та ПРТ-3. ПРТ-2 — виведений. Зникнення напруги або відключення 1BL01A. АВР повинен відключити 1BL01A (якщо він ще не відключений) та включити секційний вимикач МРЖ BL11A. В результаті роботи АВР можливі 2 випадки: АВР успішний (рис. 4), АВР неуспішний (рис. 5).

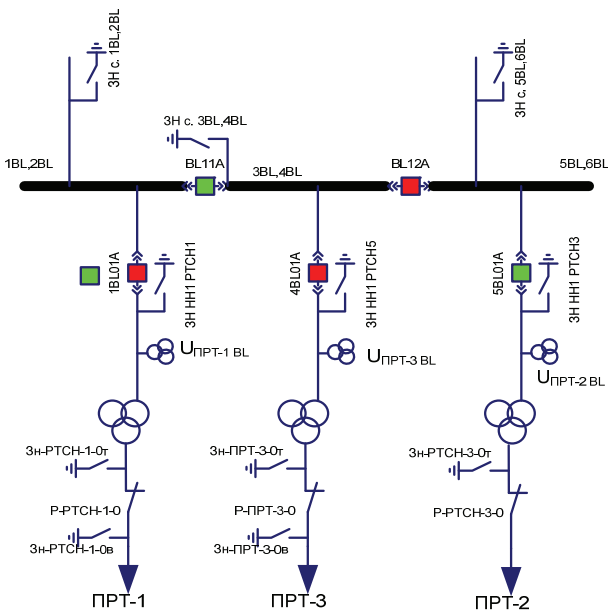


Рис. 3. Вихідна «Схема 1»

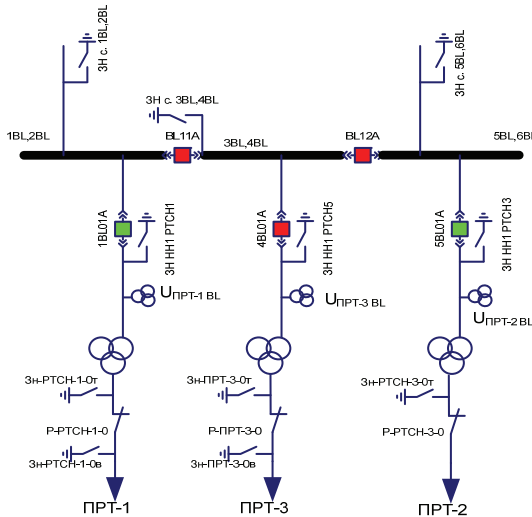


Рис. 4. Кінцева «Схема 1» випадку успішного АВР

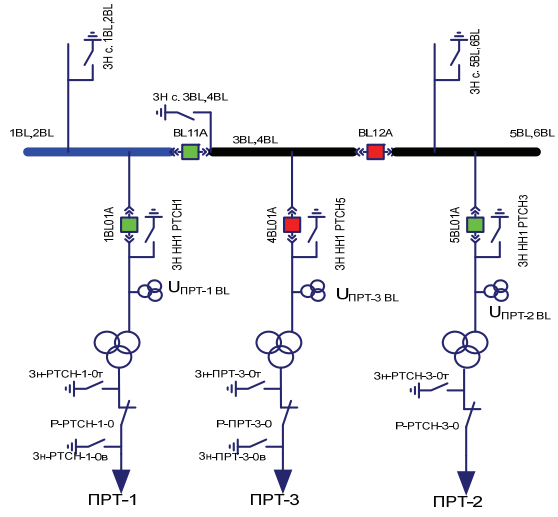


Рис. 5. Кінцева «Схема 1» випадку неуспішного АВР

Причини неуспішного АВР такі:

- заземлені секції 1BL,2BL або 3BL,4L;
- викочено викатний елемент BL11A;
- заборонено керування вимикачем BL11A з панелі АВР (ЦЩУ);
- відключення 1BL01A відбулось від захистів секції 1BL,2BL або дугових захистів інших секцій;
- відсутність напруги резерву, у даному випадку напруги 4BL01A;
- несквітована робота захистів, які діють на BL11A (можливість включення вимикача на неліквідоване КЗ).

В цих випадках на мнемосхемі загораються червоним індикатори сигналізації та з урахуванням умови однократності у випадку неуспішного АВР автоматично встановлюється сигнал «Заборона АВР BL11A». За цих умов включення BL11A можливе тільки вручну зі щита ЦЩУ. Дистанційне включення з системи АРГОН блокується за рахунок вищевказаних логічних блокувань. Блок-схеми алгоритму роботи АВР за Схемою 1 показано на рис. 6.

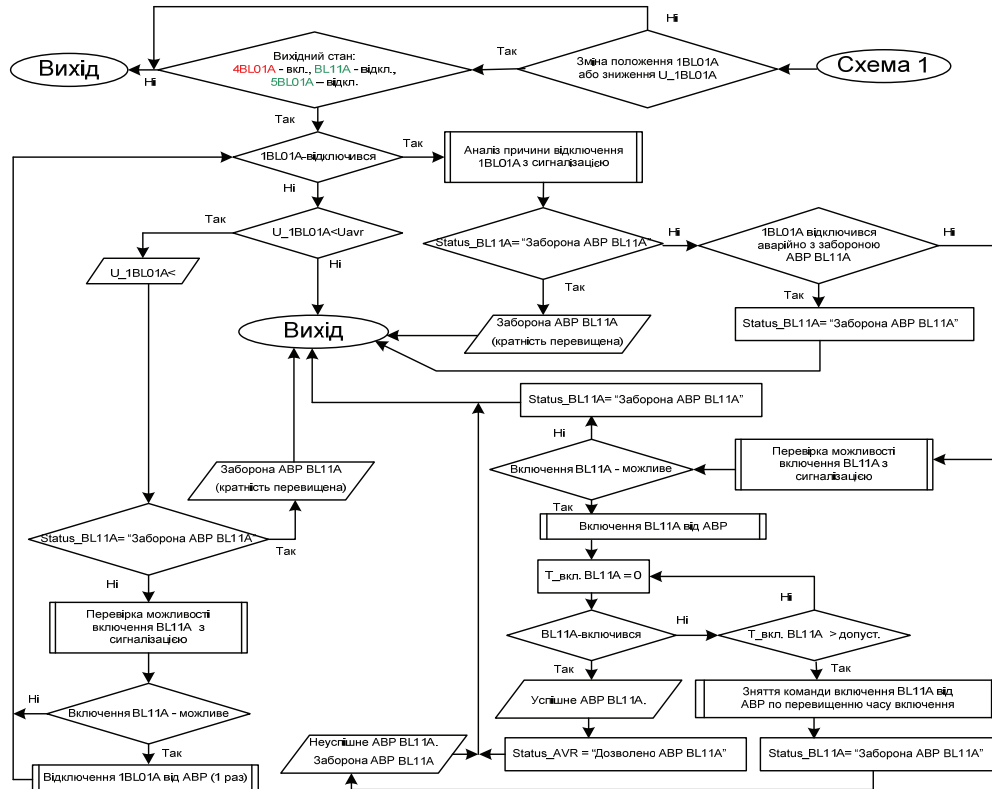


Рис. 6. Блок-схема загального алгоритму роботи АВР за Схемою 1

Висновки

Використання автоматизованої системи іАВР АРГОН дозволить:

1. За рахунок застосування як давачів інформації сучасних МП РЗА, цифрових мультиметрів та блоків дискретних входів-виходів значно збільшити рівень інформаційного забезпечення релейного та оперативного персоналу ЗАЕС.
2. Підвищити надійність функціонування системи власних потреб ЗАЕС, зменшити час втрати живлення відповідальними механізмами ВП, значно зменшити випадки аварійних включень комутаційних пристроїв МРЖ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] О. С. Яндутьський, О. О. Дмитренко, та В. В. Заколядзний, «Сумісне використання автоматизованих систем MicroSCADA та АСЗІ МП АРГОН в АСУ ТП» *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*, № 1 (35), с. 64-68, 2016.
- [2] О. С. Яндутьський, та О. О. Дмитренко, *Релейний захист. Цифрові пристрої релейного захисту, автоматики та управління електроенергетичних систем*. Київ: НТУУ «КПІ», 2016, 102 с. [Електронний ресурс].
- [3] О. Є. Чеботарьова, та П. М. Хмельовський, *ЗАЕС. АВР магістралей резервного живлення та автоматизована система збору інформації і управління вимикачами 6 кВ*, том 1, книга 3. Одеса, 2015. З/П-13935-2015-01-ПЗ.3.
- [4] В. М. Лагутін, В. В. Тепля, та С. Я. Вишневецький, *Власні потреби електричних станцій*. Вінниця: ВНТУ, 2008, 102 с.

Рекомендована кафедрою електричних станцій та систем ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 5.01.2018

Дмитренко Олександр Олексійович — канд. техн. наук, доцент кафедри автоматизації енергосистем, e-mail: dmytrenko_a@ukr.net ;

Заколядзний Володимир Васильович — асистент кафедри автоматизації енергосистем, e-mail: zakolodyazhny@ukr.net .

Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут ім. Ігоря Сікорського», Київ

O. O. Dmytrenko¹
V. V. Zakolodiazhnyi¹

Automatic Load Transfer of the Back-Up Power Supply Line of the Nuclear Power Plant Own Needs

¹National Technical University of Ukraine «Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

The principles of construction of the intellectual automatic load transfer of the backup power supply line of the nuclear power plant own needs has been considered. The algorithms of the backup power supply line automatic load transfer for Zaporizhzhia NPP (nuclear power plant) are proposed as a component of the ARGON automatic data acquisition and transfer system.

At the moment, backup power supply line (6,3 kV feeder inputs and sectional switches) are not equipped with an automatic load transfer system. This leads to the need for manual control of the switches of the backup power supply lines in the event of the disappearance of the reserve voltage, which, taking into account the human factor, can have the following negative consequences: a large interruption in the supply of their own needs mechanisms with the subsequent unsuccessful self-starting of electric motors, a possible non-synchronous switching of different reserve power transformers on one bus, may lead to switch onto fault, and others. As a result, the high probability of stopping one or more blocks, which, taking into account their capacity (1000 MW each), can lead to catastrophic consequences in the united power system of Ukraine.

In this article, the authors present an algorithm of work intellectual automatic load transfer for one of the base circuits, which involves the switching on a backup power supply line sectional switch in the event of a voltage drop or shutdown of the working input of reserve power transformer of the own needs. In this article we consider one of the normal schemes of backup power supply lines — two main power transformers are on and one is turned off. The automatic load transfer must shut off feeder input (if it is not already disconnected) and turn on the sectional switch. As a result of the work there are 2 cases — automatic load transfer is successful, or it is unsuccessful.

The use of the automated load transfer system ARGON will allow the following:

1. *The level of information provision of relay and operational personnel of the Zaporizhzhia NPP will be considerably increased due to the use of modern micro-processor based relays, digital multimeters and discrete input/output devices as information sensors.*

2. To increase the reliability of functioning of the system of own needs of the Zaporizhzhia NPP, to reduce the time of loss of power by the responsible mechanisms of the own needs, to significantly reduce the incidents of emergency switching devices of backup power supply lines.

Keywords: microprocessor relay protection devices, digital I/O blocks, automatic data acquisition and transfer

Dmytrenko Oleksandr O. — Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor of the Chair of Power Systems Automation, e-mail: dmytrenko_a@ukr.net ;

Zakolodiazhnyi Volodymyr V. — Assistant of the Chair of Power Systems Automation, e-mail: zakolodyazhny@ukr.net

А. А. Дмитренко¹
В. В. Заколюдяжний¹

Автоматический ввод резерва магистрали резервного питания собственных нужд атомной электростанции

¹Национальный технический университет Украины
«Киевский политехнический институт им. Игоря Сикорского»

Рассмотрены принципы построения интеллектуальной автоматизированной передачи нагрузки резервного источника питания собственных нужд атомной электростанции. В качестве составной части автоматической системы сбора и передачи данных ARGON предлагаются алгоритмы автоматической передачи нагрузки резервного питания для Запорожской АЭС (АЭС).

В настоящий момент резервная линия питания (входные и секционные выключатели 6,3 кВ) не оснащена автоматической системой передачи нагрузки. Это приводит к необходимости ручного управления выключателями резервных линий электропитания в случае исчезновения резервного напряжения, которое, с учетом человеческого фактора, может иметь следующие отрицательные последствия: большое прерывание питания механизмов собственных нужд с последующим неудачным самозапуском электродвигателей, возможное несинхронное переключение различных резервных силовых трансформаторов на одну шину, может привести к переключению на отказ и другим. В результате высокая вероятность останова одного или нескольких блоков, которые с учетом их мощности (1000 МВт каждая) могут привести к катастрофическим последствиям в единой энергетической системе Украины.

Предложен алгоритм работы интеллектуальной автоматической загрузки нагрузки для одной из базовых схем, которая включает в себя включение секционного переключателя линии резервного питания в случае падения напряжения или отключения рабочего входа резервной мощности трансформатора собственных нужд. Рассмотрена одна из нормальных схем резервных линий электропитания — два основных силовых трансформатора включены, а один отключен. Автоматическая передача нагрузки должна отключать вход фидера (если он еще не отключен) и включить секционный переключатель. Рассмотрены 2 случая — автоматическая передача нагрузки успешна или не успешна.

Использование автоматической системы переноса ARGON позволит:

1. Значительно увеличить уровень информационного обеспечения релейного и эксплуатационного персонала Запорожской АЭС за счет использования современных микропроцессорных реле, цифровых мультиметров и дискретных устройств ввода / вывода в качестве информационных датчиков.

2. Повысить надежность функционирования системы собственных нужд Запорожской АЭС, сократить время потери мощности ответственными механизмами собственных нужд, значительно сократить случаи аварийных коммутационных устройств резервных линий электропитания.

Ключевые слова: микропроцессорные приборы релейной защиты, цифровые блоки входов-выходов, система сбора и передачи информации.

Дмитренко Александр Алексеевич — канд. техн. наук, доцент кафедры автоматизации энергосистем, e-mail: dmytrenko_a@ukr.net ;

Заколюдяжний Владимир Васильевич — ассистент кафедры автоматизации энергосистем, e-mail: zakolodyazhny@ukr.net