

О.М. Кулакевич, Б.В. Клименко

## АВТОМАТИЧНЕ ВМИКАННЯ РЕЗЕРВУ – НАДІЙНИЙ ЗАСІБ БЕЗПЕРЕБІЙНОГО ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

*Розглянуто принципи побудови систем автоматичного вмикання резерву (АВР) для забезпечення безперебійного живлення споживачів електричної енергії. Наведено конкретні приклади АВР на базі контакторів, автоматичних вимикачів з моторними приводами, спеціалізованих перемикачів з моторними приводами та програмованих логічних контролерів.*

*Рассмотрены принципы построения систем автоматического ввода резерва (АВР) для обеспечения бесперебойного питания потребителей электрической энергии. Приведены конкретные примеры АВР на базе контакторов, автоматических выключателей с моторными приводами, специализированных переключателей с моторными приводами, а также на базе программируемых логических контроллеров.*

Ми живемо в час тотальної залежності людства від створеної нами інфраструктури. Зламаний кран гарячої води змушує нас казирити від безпомічності. Що вже казати про такий важливий чинник забезпечення нашого комфорту як електропостачання. Перебої у постачанні "електрики" буквально паралізують побут – як обійтись без холодильника, телевізора, пральної машини, ліфта, тощо? У банківській сфері чи на промисловості перебої у електропостачанні можуть спричинити багатотисячні фінансові втрати, а у медицині чи на транспорті – людські. Тому інженери-електрики в усьому світі постійно працюють над удосконаленням систем безперебійного постачання електричної енергії з метою забезпечення їх максимальної надійності.

Раніше для забезпечення надійності електропостачання електроприймачів першої категорії<sup>1</sup> у мере-

жах середніх напруг застосовувалися кільцеві схеми живлення (рис. 1). У цьому випадку живлення однієї підстанції здійснюється одночасно від двох чи більше джерел живлення. При ушкодженні одного із джерел живлення користувачів зберігається по іншому, що залишився у роботі. Але така схема має ряд недоліків, основні з яких вказані нижче.

- Дуже великі струми короткого замикання – при паралельному підключенні трансформаторів розрахунковий струм короткого замикання  $I_{кз}$  на збірних шинах підстанції дорівнює сумі  $I_{кз}$  підключених трансформаторів.

- Напряга короткого замикання ( $U_{кз}$ , %) трансформаторів, що працюють паралельно, повинна бути однаковою. Інакше навантаження між трансформаторами розподіляється нерівномірно – трансформатор з меншою напругою короткого замикання навантажується більше (перевантажується), ніж трансформатор з більшою напругою короткого замикання (недовантажується). Таким чином, не можна очікувати роботу цих трансформаторів на повну потужність.

- Не бажаним є паралельне підключення трансформаторів з різницею їхніх номінальних потужностей понад 2,5 рази. Це зумовлено різницею активних і реактивних складових напруги короткого замикання у трансформаторів різної потужності. Струм, що споживається електроприймачем, буде обов'язково меншим ніж сума номінальних струмів трансформаторів.

- Релейний захист у кільцевих схемах виявляється набагато складнішим ніж при роздільному живленні. Номінальний струм основних шин щита, або навіть одного з фідерних автоматичних вимикачів, може бути вищим за номінальний струм одного з трансформаторних уводів. Це необхідно враховувати при налаштуванні захисних характеристик уводів

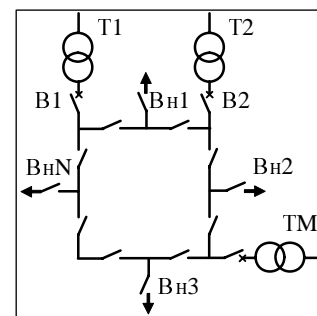


Рис. 1. Приклад кільцевої схеми електропостачання електроприймачів першої категорії

<sup>1</sup> Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) розділяють усі електроприймачі у відношенні забезпечення надійності електропостачання на три категорії (ПУЕ: 1.2.17).

Електроприймачі I категорії – електроприймачі, перерва електропостачання яких може спричинити небезпеку для життя людей, значний збиток народному господарству; пошкодження дорогого основного обладнання, масовий брак продукції, розлад складного технологічного процесу, порушення функціонування особливо важливих елементів комунального господарства. Зі складу електроприймачів I категорії виділяється особлива група електроприймачів, безперебійна робота яких необхідна для безаварійного зупину виробництва з метою запобігання загрози життю людей, вибухам, пожежам і пошкодженням дорогого основного обладнання.

Електроприймачі II категорії – електроприймачі, перерва електропостачання яких призводить до масового невідпуску продукції, масових простоїв робітників, механізмів і промислового транспорту, порушення нормальної діяльності значної кількості міських та сільських жителів.

Електроприймачі III категорії – решта електроприймачів, що не підпадають під визначення I та II категорій.

Електроприймачі I категорії повинні забезпечуватися електроенергією від двох незалежних взаєморезервуючих джерел живлення, і перерва їх електропостачання при порушенні електропостачання від одного з джерел живлення може бути допущена лише на час автоматичного відновлення живлення.

Для електропостачання особливої групи електроприймачів I категорії має передбачатися додаткове живлення від третього незалежного взаєморезервуючого джерела живлення (ПУЕ: 1.2.18).

Електроприймачі II категорії рекомендується забезпечувати електроенергією від двох незалежних взаєморезервуючих джерел живлення. Для цих електроприймачів при порушенні електропостачання від одного з джерел живлення допустимі переривання електропостачання на певний час, необхідний для вмикання резервного живлення діями чергового персоналу або виїзної оперативної бригади (ПУЕ: 1.2.19).

Для електроприймачів III категорії електропостачання може виконуватися від одного джерела живлення за умови,

що перерви електропостачання, необхідні для ремонту або заміни пошкодженого елемента системи електропостачання, не перевищують 1 доби (ПУЕ: 1.2.20).

Недоліки кільцевих схем спричинили пошуки інших способів підвищення надійності електропостачання. Так виник принцип застосування радіально-секціонованих мереж з можливістю переведення наванта на резервне джерело живлення.

Для скорочення перериву електропостачання користувачів включення резервного живлення здійснюється автоматично за допомогою спеціальних релейних пристроїв. В результаті з'явилися і на сьогодні широко застосовуються так звані пристрої автоматичного вмикання резерву (АВР).

Пристрої АВР призначені для відновлення живлення споживачів шляхом автоматичного приєднання резервного джерела живлення при відключенні робочого джерела живлення, що призводить до знеструмування електроустановок споживача. Також пристрої АВР повинні передбачатися для автоматичного вмикання резервного устаткування при відключенні робочого устаткування, що призводить до порушення нормального технологічного процесу.

Пристрої АВР можуть встановлюватися на трансформаторах, лініях, електродвигунах, секційних і шиноз'єднувальних вимикачах, у керуючих електричних щитах; широко використовується у системах електропостачання на промислових підприємствах, адміністративних та приватних установах, об'єктах зв'язку та транспорту для забезпечення надійності електропостачання користувачів I та II категорії.

Застосовуються різноманітні схеми АВР, однак всі вони повинні відповідати викладеним нижче основним вимогам.

1. Електроприймачі I категорії надійності повинні забезпечуватися електроенергією від двох незалежних взаєморезервуючих джерел живлення, а для електропостачання особливої групи електроприймачів I категорії повинне передбачатися додаткове живлення від третього незалежного джерела.

2. В обох випадках як одне з резервуючих джерел живлення може використовуватися незалежна автоматизована електростанція у вигляді дизель-генератора, бензо-генератора, акумуляторної батареї, тощо.

3. При використанні АВР повинні бути вжиті заходи, що виключають можливість замикання між собою двох незалежних джерел живлення один на одного, причому бажана наявність не тільки електричного, але і механічного блокування комутаційних апаратів.

4. АВР повинні знаходитися у стані постійної готовності до дії і спрацьовувати при знеживленні користувачів з будь-якої причини та наявності нормальної напруги на іншому, резервному для даних користувачів, джерелі живлення. Щоб не допустити включення резервного джерела на коротке замикання, лінія робочого джерела (до моменту дії АВР) повинна бути відключена вимикачем зі сторони шин користувачів. Вимкнений стан цього вимикача контролюється його допоміжними контактами або реле положення, і ці контакти повинні бути використані у схемі включення вимикача резервного джерела. Ознакою припинення живлення є зникнення напруги на шинах користувачів, тому величиною, що впливає на пристрій АВР зазвичай є напруга. При зниженні напруги до певного значення АВР спрацьовує.

5. Максимальний час перемикання резерву залежить від характеристик споживачів електроенергії, але за наявності в системі джерел безперебійного живлення (ДБЖ) не має визначального значення. При виборі витримки часу також необхідно погоджувати дію АВР з дією АПВ.

6. АВР повинні забезпечувати одноразовість дії, що необхідно для запобігання багаторазовому включенню резервного джерела на стале коротке замикання.

7. АВР повинні забезпечувати разом із захистом швидко відключення резервного джерела живлення і його споживачів від пошкодженої резервованої секції шин і тим самим зберігати їх нормальну роботу. Для цього передбачується прискорення захисту після АВР.

8. АВР не повинні допускати небезпечних несинхронних включень синхронних електродвигунів і перевантажень устаткування.

9. При застосуванні АВР необхідно перевіряти умови перевантаження резервного джерела живлення. Якщо при цьому буде мати місце підвищення навантаження вище допустимого, необхідно виконувати автоматичне розвантаження резервного джерел живлення шляхом відключення найменш важливих користувачів.

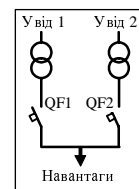
10. При застосуванні АВР важливе значення має наявність регулювання порогів спрацьовування АВР в діапазоні контрольованої напруги для кожного уводу. Так, наприклад, у разі підключення ДБЖ до виходу АВР, узгодження між собою діапазонів вхідної напруги обох пристроїв дозволяє забезпечити своєчасне перемикання на резервну мережу при відхиленні напруги основної живлячої мережі за задані значення і тим самим виключити тривалу роботу ДБЖ на батареях при справній резервній мережі.

11. У складі системи АВР бажана наявність індикації її стану, а також можливість ручного керування системою.

Існує багато принципів схем автоматичного вмикання резервного живлення. Вони різняться за кількістю та видом уводів, наявністю секціонування, кількістю секцій живлення наванта, типами комутаційних апаратів тощо. На розглянутих нижче схемах у якості комутаційних пристроїв для прикладу зображено автоматичні вимикачі QF.

У схемі АВР з двома трансформаторними уводами та спільною секцією живлення наванта (рис. 2) паралельне підключення трансформаторів унеможливується завдяки електричному та механічному блокуванню QF1 та QF2.

Рис. 2. Система АВР з двома трансформаторними уводами та спільною секцією живлення наванта



При знеживленні основного уводу автоматичний вимикач QF1 відключається та включається QF2, живлячи секцію живлення наванта від резервного трансформатора. При відновленні живлення основного уводу QF2 відключається та включається QF1, живлення здійснюється від основного уводу. Пріоритетність можна закріпити за будь-яким із уводів. Уводи також можуть бути рівнозначними. У цьому випадку живлення здійснюється від будь-якого із уводів доки

на ньому присутня напруга незалежно від наявності напруги на іншому уводі.

На рис. 3 зображена схема АВР з двома уводами, один з яких – автономний електрогенератор (G) та спільною секцією живлення навантаг. Функціонування цієї системи є аналогічним попередній.

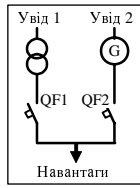


Рис. 3. Система АВР з живленням навантаг від трансформатора та автономного електрогенератора

Схема АВР з трьома уводами, один з яких є автономним електрогенератором, та однією секцією живлення навантаг зображена на рис. 4. За нормальних умов живлення відбувається від одного з двох, або обох (паралельне підключення) трансформаторів. При знеживленні обох трансформаторів секцію живлення навантаг заживить електрогенератор. Підключення до генератора здійснюється тільки при відключених вимикачах QF1 та QF2. Оскільки потужності генератора зазвичай не достатньо для живлення усіх користувачів, релейну логіку системи керування налаштовують таким чином, щоб заживлювати тільки найважливіші фідери, а інші відключають. При відновленні живлення з боку одного із трансформаторних уводів система керування відключає QF3 та включає автоматичний вимикач відповідного трансформаторного уводу.

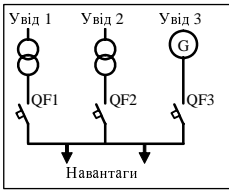


Рис. 4. Система АВР з трьома уводами, один з яких є автономним електрогенератором, та однією секцією живлення навантаг

Схема АВР з двома уводами, секціонуванням та двома секціями живлення навантаг зображена на рис. 5. У нормальному режимі кожен трансформатор живить свою секцію. При аварії одного із уводів вмикається секційний вимикач, який об'єднує дві секції в одну. Таким чином, трансформатор, що залишився у роботі, заживить обидві секції. QF3 може включитися тільки при відключеному QF1 або QF2.

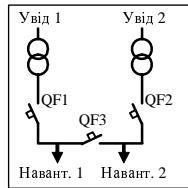


Рис. 5. Система АВР з двома уводами, секціонуванням та двома секціями живлення навантаг

Схема АВР з трьома уводами, один з яких є автономним генератором, із секціонуванням та двома секціями живлення навантаг зображена на рис. 6. При знеживленні одного із трансформаторних уводів вмикається секційний автоматичний вимикач QF3, та трансформатор, що залишився у роботі живить обидві секції.

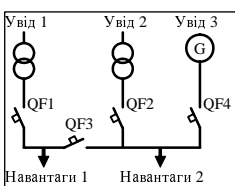


Рис. 6. Система АВР з трьома уводами, один з яких є автономним генератором, секціонуванням та двома секціями живлення навантаг

Але, якщо і цей ввід знеживиться, спільну секцію заживить електрогенератор. Пріоритетність користувачів та уводів налаштовується опціонально на базі релейної логіки.

Схема АВР з трьома уводами, один з яких є автономним генератором, та однією секцією живлення навантаг зображена на рис. 7. За нормальних умов схему живить один із трансформаторів (неможлива паралельна робота). Трансформаторні уводи резервують один одного і на виході мають спільний вимикач QF3. При знеживленні обох трансформаторів QF3 відключиться, чим дасть можливість включитися QF4 та заживити секцію живлення навантаг від електрогенератора.

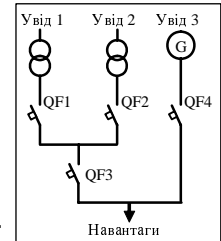


Рис. 7. Система АВР з трьома уводами, один з яких є автономним генератором, та однією секцією живлення навантаг

Схема АВР з трьома уводами, секціонуванням та трьома секціями живлення навантаг зображена на рис. 8. При знеживленні першого уводу відключиться QF1 та включиться QF4. Таким чином другий ввід живитиме першу і другу секції. Аналогічно є ситуація при знеживленні третього уводу: другий ввід живитиме третю і другу секції. При знеживленні другого уводу його резервує перший або другий (відповідно до релейної схеми).

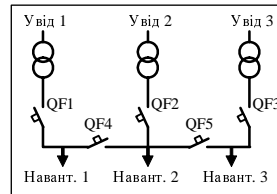


Рис. 8. Система АВР з трьома уводами та трьома секціями живлення навантаг

Цікава ситуація, коли недоступні два з трьох трансформаторів. У такому випадку обидва секційних вимикача включаються, і трансформатор, що залишився у роботі, живить усі три секції. Звичайно потужності одного трансформатора замало для живлення усіх користувачів трьох секцій, тому неперіоритетні фідери відключаються з боку користувачів.

Ще одна схема АВР з трьома уводами, секціонуванням та трьома секціями живлення навантаг зображена на рис. 9. У нормальному режимі кожен трансформатор живить свою секцію. При знеживленні одного із уводів його резервує сусідній ввід – правий чи лівий визначається згідно з алгоритмом роботи релейної схеми. Наявність третього секційного вимикача дозволяє налаштувати підключення до менш навантаженого трансформатора. Подібно до попередньої схеми, при знеживленні двох уводів третій живитиме найважливіших користувачів усіх трьох секцій.

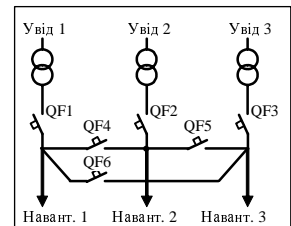


Рис. 9. Система АВР з трьома уводами, секціонуванням, трьома секціями живлення навантаг та можливістю підключення до менш навантаженого трансформатора

Схема АВР з двома уводами, та двома секціями живлення навантаг зображена на рис. 10. Трансформа-

тори резервують один одного, але при цьому відсутній секційний вимикач. При знеживленні першого уводу відключається автоматичний вимикач QF1 та включається автоматичний вимикач QF3, заживлюючи першу секцію від другого трансформатора в обхід QF2. Аналогічна ситуація спостерігається при знеживленні другого уводу. Підключення секції безпосередньо до резервного трансформатора забезпечує незалежність резервування від стану автоматичного вимикача уводу відповідного трансформатора.

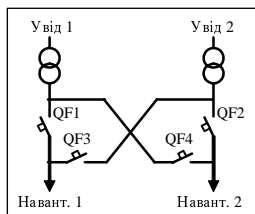


Рис. 10. Система АВР з двома вводами та двома секціями живлення навантаги

Схема АВР з трьома вводами, один з яких є автономним генератором, секціонуванням, навантагами I та II категорій та джерелом безперебійного живлення зображена на рис. 11. У нормальному режимі перший трансформатор живить навантаги II категорії, а другий трансформатор живить навантаги I категорії. При знеживленні першого уводу автоматичний вимикач QF1 відключиться, а QF4 включиться, зажививши першу секцію від другого трансформатора. При знеживленні другого трансформатора QF2 відключиться, а QF4 включиться, зажививши другу секцію від першого трансформатора. Але, якщо і другий увід знеживиться, то автоматичний вимикач QF5 відключиться, а QF3 включиться, зажививши навантаги I категорії від автономного електрогенератора.

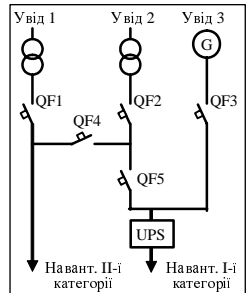


Рис. 11. Система АВР з трьома вводами, одним з яких є автономним генератором, секціонуванням, навантагами I та II категорій та джерелом безперебійного живлення

На вводі секції навантаги I категорії встановлено пристрій безперебійного живлення (uninterruptible power supply – UPS) для забезпечення максимальної надійності живлення користувачів I категорії. Цей пристрій згладжує коливання напруги та деякий час підтримує живлення користувачів при знеживленні усіх трьох уводів.

Сьогодні існує багато способів реалізації наведених вище схем АВР. Суттєво вони різняться залежно від використаного у схемі захисного та комутаційного обладнання.

1. Тиристорні пристрої АВР мають мінімально можливий час перемикання, що дозволяє залишити у роботі електроприймачі пошкодженої секції (особливо важливо для синхронних двигунів). Робота таких пристроїв побудована на використанні тиристорного ключа. Відсутність у схемі механічних елементів дозволяє одержати високу надійність електронних АВР. У той же час при великих струмах у навантагах тепловиділення тиристорних АВР може сягати декількох кіловат (знадобиться примусова вентиляція або кондиціонування електрощитового приміщення), а бло-

кування від можливих замикань двох уводів між собою може бути тільки електронним. Крім того, вартість тиристорних АВР суттєво вища за вартість електромеханічних апаратів тієї ж потужності. Найбільшого розповсюдження тиристорні пристрої АВР набули у системах електропостачання середнього класу напруги.

2. Електромеханічні пристрої АВР на контакторах найбільш поширені і мають досить високу швидкість серед електромеханічних апаратів, поступаючись тільки тиристорним. У схемі АВР на два вводи існує можливість ввести на додаток до електричного механічне блокування контакторів. На рис. 12 наведено схему АВР на два вводи із секціонуванням побудовану на контакторах.

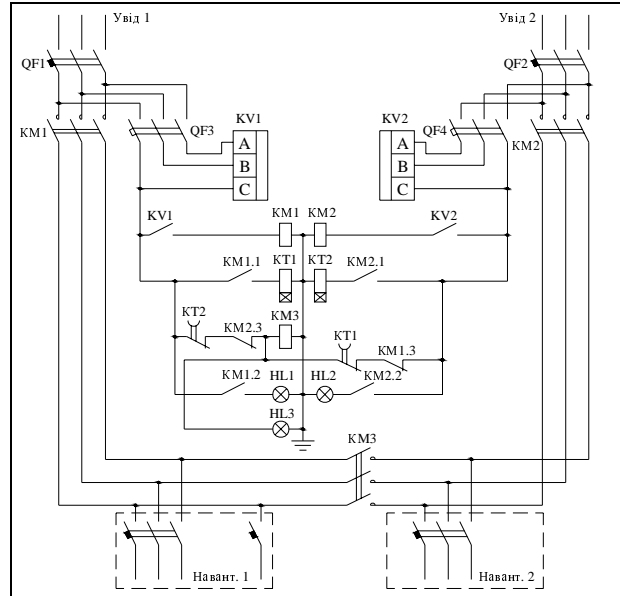


Рис. 12. Електрична схема системи АВР на базі контакторів

У нормальному режимі кожен увід живить свою секцію навантаги. Відповідність напруги встановленим нормам контролюють реле контролю напруги KV1 та KV2. Якщо напруга на вводі 1 доступна і знаходиться у заданих межах, контакт KV1 замкнеться, катушка контактора KM1 заживиться та замкнуться контакти KM1. Таким чином перша секція навантаги заживиться від першого уводу. Разом з основними контактами контактора замикається його допоміжний контакт KM1.1, чим дозволяє заживитися катушці реле з витримкою часу на відключення KT1. Нормально замкнені контакти цього реле (KT1) та контактору KM1 (KM1.3) дозволяють реалізувати електричне блокування включення секційного контактору KM3 при включених контакторах KM1 та KM2. При знеживленні першого уводу KM1.3 повернеться у замкнений стан одразу, а KT1 із певною витримкою часу. Після замикання обох контактів катушка контактора KM3 заживиться та контакти KM3 замкнуться. Таким чином обидві секції живлення навантаги заживляться від другого уводу. При відновленні живлення на першому вводі катушка контактору KM3 знеживлюється миттєво, живлення першої секції навантаги повертається до першого уводу. Аналогічно схема працює при знеживленні другого уводу.

3. Електромеханічні пристрої АВР на автоматичних вимикачах з моторним приводом тріхи поступають попереднім по швидкодії і також дозволяють здійснити механічне та електричне блокування. До недоліків можна віднести більш складну схему і вищу вартість цих пристроїв. На рис. 13 зображено зовнішній вигляд системи АВР на два вводи із спільною секцією живлення навантаг, що побудована на автоматичних вимикачах з моторним приводом.

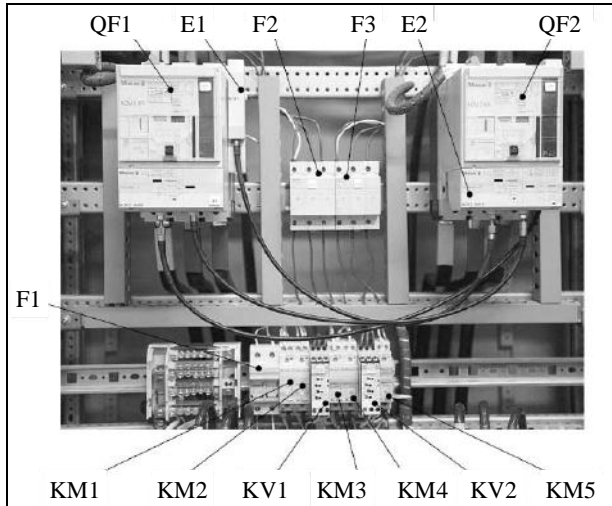


Рис. 13. Зовнішній вигляд системи АВР на базі автоматичних вимикачів з моторним приводом:

QF1, QF2 – силові автоматичні вимикачі з моторним приводом; E1, E2 – елементи механічного блокування; KV1, KV2 – реле контролю напруги на основному та резервному вводі відповідно; F1 – група запобіжників у колі логічного керування; F2, F3 – групи запобіжників у вхідних колах реле контролю напруги; KM1, KM2, KM3, KM4, KM5 – допоміжні реле логічного керування.

4. Електромеханічні пристрої АВР на спеціалізованих комутаційних пристроях – керованих перемикачах з моторним приводом. Хоча ці АВР характеризуються найбільшим часом перемикачів у порівнянні з попередніми типами апаратів, до їх переваг можна віднести конструктивну неможливість замикання між собою двох вводів, а також наявність ручного управління, яке виконується незалежно від напруги на вводах. Вартість АВР на керованих перемикачах при потужностях вище 100 кВА значно нижча, ніж вартість пристроїв на контакторах та автоматичних вимикачах. Електричну схему АВР на базі такого перемикача зображено на рис. 14. Перемикач має три положення: "1", "2" та "0". У положенні "1" навантага живиться від першого вводу (замикаються контакти K1), у положенні "2" навантага живиться від другого вводу (замикаються контакти K2), у нульовому положенні навантага не заживлена. Операція переключення здійснюється з подачі сигналу від зовнішнього пристрою контролю напруги на блок керування перемикача. Завдяки джерелу подвійного живлення (ДПЖ) живлення блоку керування здійснюється при наявності напруги принаймні на одному із вводів.

Всі названі вище схеми конкурентноспроможні та широко застосовуються. Перевага тим чи іншим захисним та комутаційним пристроям віддається залежно від технічних, економічних чи ергономічних особливостей об'єкту встановлення.

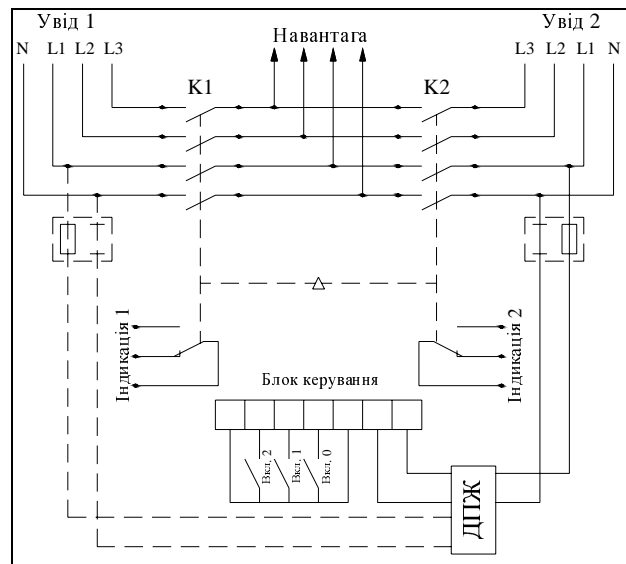


Рис. 14. Електрична схема АВР на базі перемикача з моторним приводом

Розвиток систем автоматичного вмикання резерву не стоїть на місці, вимоги до АВР розгалужуються і зростають. Це призвело до виникнення систем автоматичного вмикання резерву на мікроконтролерній елементній базі. На сьогодні існує велика кількість таких систем, в основному вони побудовані на базі програмованих логічних контролерів – ПЛК (рис. 15).



Рис. 15. Зовнішній вигляд багатофункціонального програмованого логічного контролера (ПЛК)

Ці пристрої призначені для заміни традиційних пристроїв електроавтоматики, побудованих на реле-них і безконтактних логічних елементах. Вони створені шляхом злиття обчислювальної техніки, реле-ної безконтактної автоматики і циклового програмного управління технологічним устаткуванням. Для визначення послідовності відпрацювання етапів циклу керування в програмованих реле проводиться почерговий опит вхідних сигналів. Потім відповідно до заданої програми формуються сигнали на відповідних виходах і включаються ті виконавчі апарати, для яких

на входах сформувалися необхідні логічні умови для їх включень. Такі програмовані реле є універсальними пристроями та можуть широко використовуватися у автоматизованих системах керування технологічними процесами, в тому числі, для створення систем АВР.

Система АВР на базі контролера матиме значно менший перелік використаних у схемі пристроїв – функції більшості реле і контакторів бере на себе ПЛК. Шляхом програмування контролера можна налаштувати витримки часу переключення уводів, пріоритетність, сигналізацію, пороги спрацювання та інші необхідні функції. Крім того, побудова АВР на ПЛК відкриває для системи великі комунікативні можливості. За допомогою спеціальних модулів розширення можливе включення даного ПЛК у систему передачі даних. Таким чином досліджувати та впливати на роботу даної системи АВР можна буде з віддаленого диспетчерського пункту, або навіть з іншої частини земної кулі.

Та окрім універсальних ПЛК останнім часом почали з'являтися спеціалізовані контролери АВР. Такі пристрої запрограмовані на роботу у конкретній системі АВР. Один такий пристрій забезпечує контроль стану уводів, керування комутаційними пристроями, індикацію стану входів та виходів. Мікропроцесорна технологія обробки сигналів забезпечує високу функціональність, точність та надійність пристрою. Системи АВР на базі спеціалізованих ПЛК дуже ергономічні та досить прості у монтаванні (рис. 16).

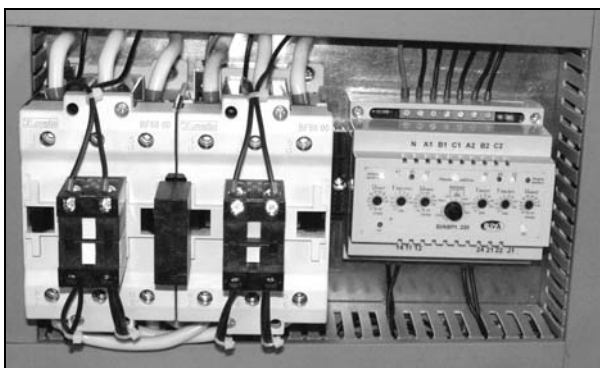


Рис. 16. Зовнішній вигляд системи АВР на базі спеціалізованого ПЛК

Наведена вище інформація ілюструє неабияку глибину та актуальність сфери автоматичного вмикання резерву. Ми бачимо, що пристрої АВР йдуть крок у крок з часом та відповідають сучасним вимогам автоматизації, модульності та комунікації.

**PS.** Під час написання цієї статті в Україні відбулася прикра подія – знеструмилася основна телетрансляційна станція держави. У результаті ціла країна була позбавлена телебачення. Причиною тому стало перегорання запобіжників на одному із уводів станції. Другий увід при цьому (як пояснили) знаходився на профілактиці. Виїзній "оперативній" бригаді знадобилося 69 хвилин, щоб замінити запобіжники та відновити живлення.

Мораль – краще довірити безперебійність роботи важливих об'єктів запрограмованій автоматичній, ніж людській халатності та безвідповідальності.

Надійшла 23.01.2010

*Кулакевич Олексій Миколайович*  
Україна, 61056, Харків, пр. Победы, 37,  
тел. (044) 241 76 38, e-mail: kulakevichge@mail.ru

*Клименко Борис Володимирович, д.т.н, проф.*  
Національний технічний університет  
"Харківський політехнічний інститут"  
Україна, 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21, НТУ "ХПІ",  
кафедра "Електричні апарати"  
тел. (057) 707-62-81, e-mail: kbv@kpi.kharkov.ua

*О.М. Kulakevich, B.V. Klymenko*

#### ***Automated reserve entry- a reliable way of no-break power supply***

Principles of designing automated reserve entry systems for no-break electricity supply of users are considered. Specific examples of such systems based on contactors, motor-drive circuit breakers, specialized motor-drive switches, and programmed logic controllers are given.

**Key words – automated reserve entry, no-break electricity supply, specific examples**