

АВР МАГІСТРАЛІ РЕЗЕРВНОГО ЖИВЛЕННЯ ВЛАСНИХ ПОТРЕБ АЕС

Дмитренко О.О., к.т.н., доцент, Якимчук А.В., магістрант

НТУУ «КПІ», кафедра автоматизації енергосистем

Вступ. 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.

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 – при використанні сучасних швидкодіючих захистів, автоматичного регулювання збудження генераторів, асинхронних електродвигунів з короткозамкненим ротором, раціональної побудови схем електропостачання власних потреб, використанні автоматичного вводу резерву (АВР) та самозапуску електродвигунів. Для особливо відповідальних споживачів передбачають незалежні джерела енергії (дизель-генератори та акумуляторні батареї). Такий підхід дозволяє створити електропостачання власних потреб електричних станцій, яка відповідає сучасним вимогам.

Мета роботи. Дослідження автоматичного включення резерву магістралей резервного живлення Запорізької АЕС (ЗАЕС).

Матеріали дослідження. На ЗАЕС в експлуатації знаходяться 6 генераторів (рис. 1). ВП блоку 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, VD), що підключені до робочих джерел живлення через робочі вводи ВП до обмоток НН двох трансформаторів ВП (ТВП). При пошкодженнях в робочих джерелах живлення та їх аварійному відключенні або при виведенні робочого джерела в ремонт передбачається застосування для кожної секції ВП пристрою автоматичного включення резервного (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 4-х секціонованих шин 6,3 кВ, підключених до обмоток НН резервних трансформаторів ВП (РТВП), які живляться від стороннього джерела – Запорізької ТЕС. На даний момент в експлуатації знаходяться два РТВП та проектується третій.

Існуюча система АВР ВП функціонує наступним чином. При зникненні або зниженні напруги на шині ВП 6,3 кВ при ввімкнених вимикачах робочого живлення пуск АВР виконується пусковим органом мінімальної напруги АВР секції 6,3 кВ (уставка спрацювання – $U = 0,25U_n$, час спрацювання – $t = 0,6$ с).

В такому випадку при наявності напруги зі сторони резервного живлення та введеного в дію перемикача АВР виконується вимкнення робочого живлення секції, після чого відбувається автоматичне включення резервного живлення.

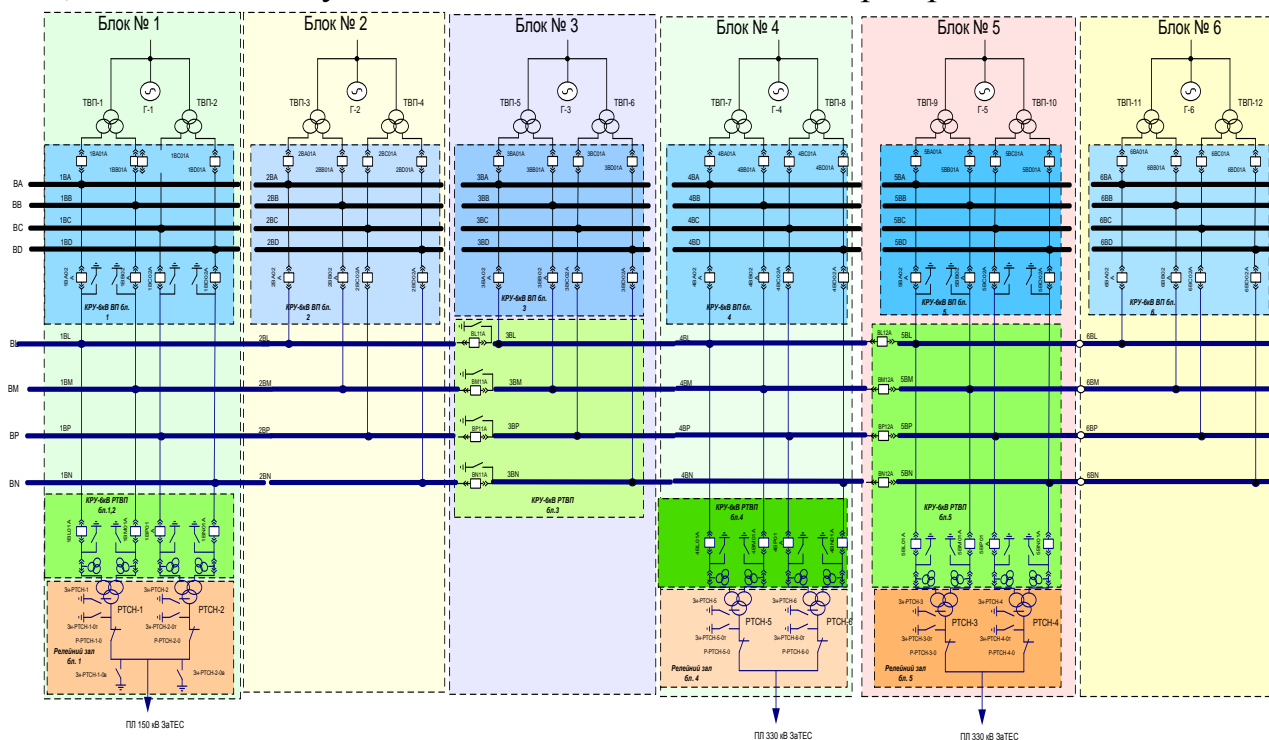


Рисунок 1 – Загальна схема Запорізької АЕС

На даний момент МРЖ (вводи МРЖ 6,3 кВ та секційні вимикачі МРЖ) системою АВР не обладнана. Це приводить до необхідності ручного управління вимикачами МРЖ при зникненні резервної напруги, що з урахуванням людського фактору може мати наступні негативні наслідки: велика перерва в живленні механізмів ВП з подальшим неуспішним 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 привести до катастрофічних наслідків в ОЕС України.

З метою підвищення надійності роботи ЗАЕС відповідно до «Завдання на проектування. Запорізька АЕС. Встановлення ПРТ-3 біля блоку №4 ВП ЗАЕС. Релейний захист і автоматика резервних трансформаторів власних потреб №5, 6 та магістралей резервного живлення.» спеціалістами кафедри АЕ НТУУ «КПІ» розробляються проектні рішення АВР МРЖ. При розробці алгоритму роботи АВР МРЖ враховувались наступні вимоги:

- пристрій АВР повинен діяти по факту утрати живлення від робочого джерела МРЖ;
- 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) при зникненні 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 наступні 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 проектантами запропоновано в якості базисної системи використати розроблену на кафедрі АЕ систему управління, збору та передачі інформації «АРГОН». Особлива увага при створенні проекту буде приділена питанню забезпечення нормальних умов самозапуску електродвигунів ВП.

Згідно дослідженню "Анализ режимов длительного понижения напряжения и частоты в системе собственных нужд и выбор уставок АВР и запуска дизель-генераторов", проведеному НППЦ "Энергоконт", 1998 р. встановлено, що при підключенні до МРЖ повного навантаження власних потреб одного енергоблоку відбувається зниження напруги з її подальшим підвищенням до $0,8U_{ном}$ за 5,5-6 с з наступним підняттям напруги до $U_{ном}$. Самозапуск електродвигунів успішний.

Якщо ж відбувається підключення навантаження ВП двох і більше блоків до однієї групи РТВП, то самозапуск неуспішний, напруга піднімається до $0,6U_{ном}$ і надалі більше не підвищується.

Останнє важливо саме для АВР МРЖ, оскільки у більшості випадків дія даного АВР направлена на відновлення живлення всіх секцій МРЖ саме від однієї групи РТВП. Для запобігання "зависання" напруги в алгоритми роботи АВР МРЖ вводиться блокування АВР по потужності підключення навантаження. Блокування вводиться за фактом виконання одного з двох критеріїв:

1. По потужності власних потреб, що підключаються в результаті АВР МРЖ. АВР блокується, якщо підключається потужність більш ніж одного блоку. Вводяться дві регульовані уставки:

- $P_{\text{бл.ВП}}$. Потужність підключення. Первинно встановлюється рівною максимальній номінальній потужності власних потреб блоку для однієї секції (ВА, ВВ і т.д);

- $k_{\text{підкл}}$ - коефіцієнт надійності. Первинно встановлюється рівним 1.2.

Потужність підключення визначається наступним шляхом. Система АВР працює в режимі постійного моніторингу та збереження поточних параметрів МРЖ, у т.ч. і потужностей, які фіксуються на вводах МРЖ. У випадку виникнення пускових умов АВР МРЖ виконується аналіз поточної схеми та у випадку необхідності розраховується потужність підключення, яка рівна потужності того вводу, живлення від якого втрачено та потужності того вводу, живлення від якого залишається $P_{\text{вл}}$. Причому використовуються: останнє значення, зафіксоване до виникнення пускових умов АВР, та значення, зафіксоване вже після відключення вимикача. Блокування вводиться, якщо виконується умова: $P_{\text{вим.підкл}} > k_{\text{підкл}} \cdot P_{\text{блВП}}$

2. По сумарній поточній потужності власних потреб. АВР блокується, якщо сумарна потужність секцій МРЖ, які не втрачали живлення (якщо вони є) та тих, що підключаються, перевищує потужність одного блоку за умови, що потужність, що підключається менше потужності одного блоку та не рівна нулю. Вводяться регульовані уставки:

- $k_{\text{сум}}$ - коефіцієнт надійності. Первинно встановлюється рівним 1.2.

Сумарна потужність визначається наступним шляхом:
 $P_{\text{сум}} = P_{\text{вл}} + P_{\text{вим.підкл}}$. Блокування вводиться, якщо одночасно виконуються дві умови:

$$P_{\text{сум}} > k_{\text{сум}} \cdot P_{\text{блВП}} \text{ та } 0.2 \cdot P_{\text{блВП}} < P_{\text{вим.підкл}} < k_{\text{підкл}} \cdot P_{\text{блВП}}$$

Висновки: АВР МРЖ має задовольняти всі розглянуті вимоги та проблеми із зависанням напруги при повторному запуску двигунів власних потреб. В подальших дослідженнях буде виконано математичне моделювання всіх можливих режимів роботи ВП та МРЖ з перевіркою достатності блокування АВР.

Перелік посилань

1. Лагутін В.М., Тепля В.В., Вишневський С.Я., Власні потреби електричних станцій. Навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2008. – 102 с.
2. ЗАЕС. АВР магістралей резервного живлення та автоматизована система збору інформації і управління вимикачами 6 кВ. Том 1. Книга 3 / Чеботарьова О.Є., Хмельовський П.М. – Одеса 2015. – З/П-13935-2015-01-ПЗ.3
3. Анализ режимов длительного понижения напряжения и частоты в системе собственных нужд и выбор уставок АВР и запуска дизель-генераторов / Лагускер В.М., Эпштейн И.М., Гусев В.П. //Научно-Производственный Центр «Энергоконт» – Москва, 1998