

3. Коливність системи електроприводу з селективною корекцією у разі виходу на усталену швидкість, можна зменшити, зменшуючи інтегральну складову ПІ регулятора другого підконтур швидкості.

3. Розрахунок параметрів та налагодження контурів регулювання не вимагає спеціальних методів, окрім традиційних для систем підпорядкованого регулювання.

1. *Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник / М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепиков та ін., За ред. М.Г. Поповича, О.Ю. Лозинського. – К.: Либідь, 2005. – 680 с.* 2. *Шапарев Н.К. Автоматизация типовых технологических процессов металлообработки. Расчет и проектирование. – Киев; Одесса: Вища шк., 1984. – 312 с.* 3. *Теория автоматического управления. Ч. 1: Теория линейных систем автоматического управления / под ред. А.А. Воронова. – М.: Высш. шк., 1986. – 367 с.* 4. *Рудаков В.В., Мартикайнен Р.П. Синтез электроприводов с последовательной коррекцией. – Л.: Энергия, 1972.* 5. *Ньютон Дж.К., Гулд Л.А., Кайзер Дж.Ф. Теория линейных следящих систем. – М.: Физматгиз, 1961. – 407 с.* 6. *Емельянов С.В. Теория систем с переменной структурой. – М.: Наука, 1970. – 590 с.* 7. *Лозинський О.Ю., Панченко Б.Я., Карплюк Л.Ф., Система підпорядкованого керування з селективною корекцією // Вісн. нац. техн. ун-ту "ХПІ". – 2010. – Вип. 30. – С. 518–519.* 8. *Чернат Г., Майер Р. Проектирование и расчет следящих систем и систем регулирования. – М.: Энергия, 1959. – Ч. 1. – 487 с.*

УДК 621.316.1.052

В.С. Коновал, А.Б. Козовий, А. Жук, О.І. Скрипник, Т.О. Товстяк
Національний університет "Львівська політехніка",
ТЗОВ "ЕЛЕКС"

ЦИФРОВЫЙ ПРИСТРОЙ АВТОМАТИКИ ЛІКВІДАЦІЇ АСИНХРОНОГО РЕЖИМУ АЛАР-Ц

© Коновал В.С., Козовий А.Б., Жук А., Скрипник О.І., Товстяк Т.О., 2011

Розглянуто особливості функціонування та задання вхідної інформації для пристрою АЛАР-Ц та здійснено перевірку правильності спрацювання виявлених органів АЛАР-Ц за допомогою програмного комплексу ДАКАР.

Ключові слова: асинхронний режим, стійкість, пристрій протиаварійної автоматики, моделювання режимів, електроенергетична система.

The features of operation and default input data for ALAR-C and by verification of setting operation of ALAR-C using software DAKAR.

Key words: asynchronous mode, stability, emergency automatics device, mode simulation, electric power system.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень

Як відзначено в [1], найважчим аварійним режимом для електроенергетичної системи є асинхронний режим (АР). Це пов'язано з порушенням стійкості паралельної роботи електростанцій і окремих генераторів, що в остаточному результаті призводить до великих економічних збитків.

В [1] наведено приклад задання інформації та проведено дослідження аварійних ситуацій в ЕЕС з типовими пристроями автоматики ліквідації асинхронного режиму (АЛАР) на базі панелей ЕПО-1075, 1076 та 1073, які отримали широке розповсюдження в енергосистемах. Останнім часом в енергосистемах України та Росії почали використовувати цифровий пристрій автоматики ліквідації асинхронного режиму АЛАР-Ц (розробка ВАТ НППТ, ТОВ НВП «Модус» (м. Санкт-Петербург)) [2].

Задача досліджень

Задачею дослідження є розроблення спеціалізованого програмного модуля для моделювання пристрою АЛАР-Ц.

Виклад основного матеріалу

Основна функція пристрою АЛАР-Ц – виявлення асинхронного режиму і формування команди на поділ енергосистеми, що реалізується, наявністю трьох виявних органів: кутового (КВО), циклового (ЦВО) та струмового (СВО). Кожен з цих органів працює за власним алгоритмом і під час виникнення асинхронного режиму запускає спрацювання пристрою.

Кутовий виявний орган (основний орган) прогнозує виникнення АР і спричиняє спрацювання пристрою до першого асинхронного провороту. Алгоритм його роботи ґрунтується на перевірці умов переходу відносного кута δ між ЕРС синхронних машин свого критичного значення. Такими умовами є:

$$\text{sign}(\delta) = \text{sign}\left(\frac{d\delta}{dt}\right) = \text{sign}\left(\frac{d^2\delta}{dt^2}\right), \quad (1)$$

$$\frac{\pi}{2} < |\delta| < \pi. \quad (2)$$

У КВО перевірка умов (1) та (2) здійснюється наближено:

$$\text{sign}(\delta_{\text{Л}}) = \text{sign}\left(\frac{d\delta_{\text{Л}}}{dt}\right) = \text{sign}\left(\frac{d^2\delta_{\text{Л}}}{dt^2}\right) \quad (3)$$

$$-X_2 \leq X_{\text{TMN}} \leq X_1, \quad (4)$$

$$U_{\text{TMN}} < 0,5 \cdot U_{\text{ном}}, \quad (5)$$

$$\text{sign}(\delta_{\text{Л}}) \neq \text{sign}\left(\frac{dP}{dt}\right), \quad (6)$$

де $\delta_{\text{Л}}$ – різниця фаз (відносний кут) між напругами на кінцях захищеної ділянки мережі; X_{TMN} – реактивний опір ділянки мережі від точки заміру (місця встановлення АЛАР) до точки мережі, де напруга мінімальна (в асинхронному режимі при відповідному куті δ між ЕРС ця точка перетворюється в електричний центр хитань (ЕЦХ); U_{TMN} – напруга в точці мінімальної напруги; X_1, X_2 – уставки, якими задають величини реактивних опорів від точки вимірювання до початку та кінця захищеної ділянки мережі, відповідно; $U_{\text{ном}}$ – номінальна напруга мережі.

Умову (1) наближено реалізують умовами (3) та (4). Умову (2) – умовою (6) та для недопущення хибної дії за можливих флуктуацій режиму – умовою (5).

КВО спрацьовує в 1-й зоні захисту, коли реактивний опір від місця встановлення пристрою до точки мінімальної напруги, X_{TMN} , перебуває в межах цієї зони. Інакше, коли точка мінімальної напруги перебуває в межах ділянки мережі, що захищається, але поза першої зони захисту, кутовий виявний орган спрацьовує у другій зоні захисту.

Витримка часу під час спрацювання пристрою від кутового виявного органу в першій зоні захисту задається уставками $T_{z1} >$ і $T_{z1} <$.

Уставка $T_{z1} >$ використовується в тому разі, якщо величина відносного кута ($d_{U1} - d_{U2}$) між напругами на кінцях ділянки мережі, що захищається, зростає. Це відповідає асинхронному режиму, за якого частина енергосистеми, розташована з боку точки 1 (рис. 1), прискорюється щодо частини енергосистеми, розташованої з боку точки 2. Якщо під час виникнення асинхронного режиму відносний кут зменшується, то використовується уставка $T_{z1} <$. Так само у пристрої використовують уставки $T_{z2} >$ і $T_{z2} <$ під час спрацювання від кутового виявного органу у другій зоні захисту.

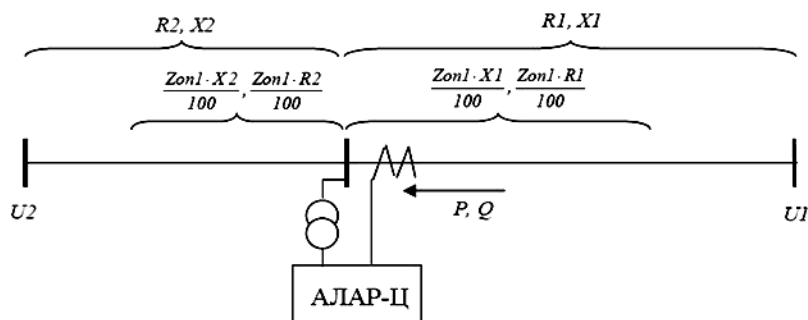


Рис. 1. Схема під'єднання пристрою АЛАР-Ц і розташування частин захищеної ділянки

Цикловий виявний орган (ЦВО) реалізує відомий спосіб фіксування асинхронного режиму за допомогою підрахунку заданої кількості асинхронних повертань за зміною відносного фазового кута між напругами на кінцях захищеної ділянки мережі. Він резервує роботу кутового виявного органу і забезпечує узгодження роботи пристрою АЛАР-Ц зі старими моделями АЛАР, які використовують підрахунок циклів асинхронних повертань. ЦВО фіксує асинхронний режим і викликає спрацювання пристрою, якщо значення лічильника повертань більше чи дорівнює уставки $N_c >$ чи $N_c <$.

Струмовий виявний орган (СВО) використовується як резервний для КВО та ЦВО. Під час нормальної роботи пристрою АЛАР-Ц він виведений з роботи. СВО автоматично вводиться в роботу тільки в нештатних ситуаціях, коли пропадає чи тривала несиметрія напруги на входах АЛАР-Ц, тобто, коли КВО та ЦВО не працездатні. Принцип дії СВО полягає в підрахунку кількості періодів коливань струму, коли максимальні значення струму перевищують задану уставку I_{max} , а мінімальні значення – менші I_{min} і тривалість періоду коливань не перевищує задану уставку T_L .

Опис вихідної інформації [3]:

1. $U_n TH (U_n)$ – номінальна лінійна напруга (в кВ) обмотки ВН вимірювального трансформатора напруги. Діапазон зміни [100–999] з кроком 0,1.
2. $I_n TC (I_n)$ – номінальний струм (в кА) обмотки ВН вимірювального трансформатора струму. Діапазон зміни [0,1 ÷ 20] з кроком 0,01.
3. X першої частини захисту (X_1) – реактивний опір першої частини захищеної ділянки мережі, розташованого в напрямку лінії, для якої вимірюється струм.
4. R першої частини захисту (R_1) – активний опір першої частини захищеної ділянки мережі.
5. X другої частини захисту (X_2) – реактивний опір другої частини захищеної ділянки мережі, розташованої від точки вимірювань у напрямку, протилежному першій частини.
6. R другої частини захисту (R_2) – активний опір другої частини захищеної ділянки мережі.
7. Частка % першої зони (Z_{on1}) – частка захищеної ділянки мережі, відведена першій зоні захисту, друга зона захисту автоматично визначається як ділянки контрольованої мережі, що залишаються після виділення першої зони. Діапазон зміни [5–100] з кроком 1.
8. $T1$ витримка зростання. ($T_{z1} >$) – витримка часу (в с) на спрацювання кутового пускового органу при знаходженні точки мінімальної напруги в 1-й зоні захисту при зростанні відносного кута контрольованої ділянки мережі. Діапазон зміни [0–0,98] з кроком 0,02.
9. $T1$ витримка зменшення. ($T_{z1} <$) – витримка часу (в с) на спрацювання кутового пускового органу при знаходженні точки мінімальної напруги в 1-й зоні захисту при зменшенні відносного кута контрольованої ділянки мережі. Діапазон зміни [0–0,98] з кроком 0,02.
10. $T2$ витримка зростання ($T_{z2} >$) – витримка часу (в с) на спрацювання кутового пускового органу при знаходженні точки мінімальної напруги в 2-й зоні захисту при зростанні відносного кута контрольованої ділянки мережі. Діапазон зміни [0–0,98] з кроком 0,02.
11. $T2$ витримка зменшення ($T_{z2} <$) – витримка часу (в с) на спрацювання кутового пускового органу при знаходженні точки мінімальної напруги в 2-й зоні захисту при зменшенні відносного кута контрольованої ділянки мережі. Діапазон зміни [0–0,98] з кроком 0,02.
12. K повертання зростання. ($N_c >$) – кількість асинхронних проворотів, необхідних для спрацювання циклового виявного органу при зростанні відносного кута. Діапазон зміни [1–10] з кроком 1.
13. K повертання зменшення. ($N_c <$) – кількість асинхронних проворотів, необхідних для спрацювання циклового виявного органу при зменшенні відносного кута. Діапазон зміни [1–10] з кроком 1.

Якщо цикловий виявний орган основного пристрою розташований в дефіцитній частині енергосистеми, то він спрацює відповідно до уставки $N_c >$. Він резервує кутовий виявний орган, який працює без витримки часу, і тому уставка $N_c >$ задається $N_c > = 1$.

Якщо цикловий виявний орган основного пристрою розташований в надлишковій частині енергосистеми спрацює відповідно до уставки $N_c <$.

14. *Мінімальний струм (I_{min})* – уставка мінімального струму для струмового виявного органу. Діапазон зміни $[0,01-2 I_n]$ з кроком 1.

15. *Максимальний струм (I_{max})* – уставка максимального струму для струмового виявного органу. Діапазон зміни $[0,01-5 I_n]$ з кроком 1.

16. *Максимальний період (T_I)* – уставка максимальної тривалості (в с) періоду коливань, що фіксуються струмовим виявним органом. Діапазон зміни $[0,5-20]$ з кроком 0,1.

17. *Кількість коливань (N_I)* – кількість коливань, при фіксації яких відбувається спрацювання струмового виявного органу. Діапазон зміни $[1-20]$ з кроком 1.

Приклад налаштування АЛАР-Ц

Налаштування АЛАР-Ц проведемо на тестовій 6-машинній схемі (рис. 2).

Узлы	Нагрузки	Ветви	Шунты	Бал. узлы	Генерирование узла	Подсистемы	Регионы	Связи регионов	Соседи										
Наименование	Состояние	U1 кВ	Фаза1 град	U2 кВ	Фаза2 град	Тип оборудования	Узел начала	Узел конца	R Ом	X Ом	G мксм	B мксм	Кт прод						
10-11	Включено	523,9081	-13,343	507,9944	-11,6155	Возд. линия	10	11	4,65	44,9	0	-500	0						
8-9	Включено	222,5764	-4,7905	220,6376	-15,1573	Возд. линия	8	9	8	60	0	-90	0						
7-8	Включено	211,4104	-14,6147	222,5764	-4,7905	Возд. линия	7	8	2,66	25,4	0	-60	0						
8-13	Включено	222,5764	-4,7905	219,6206	30,3836	Возд. линия	8	13	6,5	41	0	-30	0						
11-12	Включено	507,9944	-11,6155	511,1261	30,7795	Возд. линия	11	12	13,42	180	0	-2256	0						
4-12	Включено	511,1261	30,7795	19,9992	37,6722	2Обм. транс.	12	4	0,62	28,7	0	0	0,0389						
3-10	Включено	523,9081	-13,343	16,0001	-9,1445	2Обм. транс.	10	3	2,6	59	0	0	0,03						
5-13	Включено	219,6206	30,3836	20,0004	33,9847	2Обм. транс.	13	5	0,05	2,922	0	0	0,0869						
1-8	Включено	222,5764	-4,7905	16	-0,0013	2Обм. транс.	8	1	0,04	2,38	0	0	0,0685						
2-9	Включено	220,6376	-15,1573	16	-10,5751	2Обм. транс.	9	2	0,2	11,9	0	0	0,0685						
6-7	Включено	211,4104	-14,6147	16	-14,7098	2Обм. транс.	7	6	0,4	23,8	0	0	0,0685						
9-10	Включено	523,9081	-13,343	220,6376	-15,1573	2Обм. транс.	10	9	0,24	17,2	0	0	0,419						
7-10	Включено	507,9944	-11,6155	211,4104	-14,6147	2Обм. транс.	11	7	0,24	17,2	0	0	0,419						
13-12	Включено	511,1261	30,7795	219,6206	30,3836	2Обм. транс.	12	13	0,24	17,2	0	0	0,419						

Рис. 2. Параметри ліній і трансформаторів тестової розрахункової схеми

Як пошкодження, яке призводить до асинхронного режиму в енергосистемі, моделюємо трифазне КЗ на шині 7 тривалістю 0,3 с (рис. 3).

6-машинная схема Энергосетьпроекта

Режимная схема

Потери энергии

Оборудование

Несимметрия

Схемы

Автоматика и регуляторы

Подготовка расчёта

Справочники

Анализ

Прогноз

<

Рис. 3. Приклад завдання для моделювання асинхронного режиму

На рис. 4 наведені часові залежності кутів вибігу роторів генераторів і активної потужності контрольованих ліній 8–13, 7–8 і 11–12. З рис. 4 видно, що на контрольованих лініях виникає асинхронний режим. Крім того з протоколу результатів розрахунку видно, що на лініях 8–13 і 11–12 з'являється електричний центр хитань (ЕЦХ) (рис. 5).

Для ліквідації асинхронного режиму встановлюємо на цих лініях автоматику АЛАР-Ц. Параметри цієї автоматики вводимо в *Автоматика і регулятори – Спец. Автоматика – АЛАР-Ц* (рис. 6).

Встановлюємо пристрої АЛАР-Ц на лініях 7–8, 8–13, 11–12 (рис. 7).

Кожна автоматика буде діяти на відімкнення своєї лінії (рис. 8).

Проведемо розрахунок перехідного процесу з врахуванням дії автоматики. На рис. 9 наведені часові характеристики активної потужності контрольованих ліній.

На рис. 10 наведено протокол результатів розрахунку перехідного процесу. Як видно з протоколу і графічних залежностей (рис. 9) першим спрацює кутовий виявний орган (КВО) АЛАР-Ц лінії 8–13 ($t=1,33$ с) та із заданою витримкою часу $T_{z1} \geq 0,15$ с запускається автоматика з дією на вимкнення лінії (рис. 10).

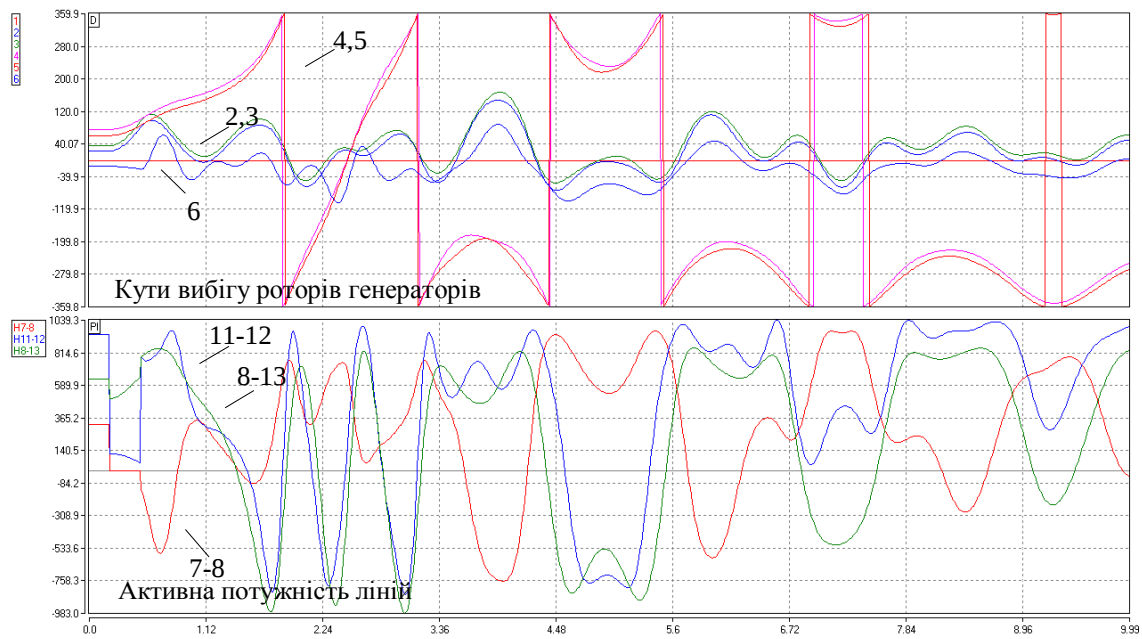


Рис. 4. Часові залежності кутів вибігу роторів генераторів і активної потужності контрольованих ліній під час трифазного КЗ

На	0.20 -ой сек	Включен шунт в узле: 7 Z=(0, 0.001)Ом - Задание
На	0.50 -ой сек	Отключен шунт в узле: 7 - Задание
На	линии 8-13	ЭЦК
На	линии 8-13	ЭЦК
На	линии 8-13	ЭЦК
На	линии 8-13	ЭЦК
На	линии 8-13	ЭЦК
На	линии 8-13	ЭЦК
На	линии 11-12	ЭЦК
На	линии 8-13	ЭЦК
На	линии 11-12	ЭЦК
На	линии 11-12	ЭЦК

Рис. 5. Результати розрахунку електромеханічного перехідного процесу

6-машинная схема Энергосетьпроект

Режимная схема

Потери энергии

Оборудование

Несимметрия

Схемы

Автоматика и регуляторы

Подготовка расчёта

Справочники

Анализ

Прогноз

Автоматика и регуляторы

Спец. автоматика

Регуляторы

Европ. окст.

АЧР

АПАР_токовый

АПАР_осн.

АПАР_резерв.

Реле сопр.

Элек.торножение

УПАР

Взаимное управление

АПАР-Ц

АПАР-МКРА

АПАР-МикроП

	Наименование	Сечение	R первой части защ.	X первой части защ.	R второй части защ.	X второй части защ.	Uн ТН	In TT	доля % первой зоны	T1 выдержка возр.	T1 выдержка убыв.
	АПАР-Ц (8-13)		6,5	41	0	0	220	5	90	0,15	
	АПАР-Ц (7-8)		2,66	25,4	0	0	220	5	90	0,15	
	АПАР-Ц (11-12)		13	180	0	0	220	5	90	0,5	

Оборудование

Несимметрия

Схемы

Автоматика и регуляторы

Подготовка расчёта

Справочники

Анализ

Прогноз

Спец. автоматика

Регуляторы

Европ. окст.

АЧР

АПАР_токовый

АПАР_осн.

АПАР_резерв.

Реле сопр.

Элек.торножение

УПАР

Взаимное управление

АПАР-Ц

АПАР-МКРА

АПАР-МикроП

	идержка убыван.	T2 выдержка возр.	T2 выдержка убыван.	K проворотов возр.	K проворотов убыван.	Минимальный ток	Максимальный ток	Максимальный период	Количество колебаний
	0,1	0,14	0,1	2	3	1,95	2	1,2	2
	0,2	0,2	0,1	3	4	2	2,5	1,5	4
	0,1	0,14	0,1	3	3	1	2	2	

Рис. 6. Задання параметрів АЛАР-Ц

Контроль Автоматика Задания Сечения Утяжеление Временные х-ки КЗ Полиреле

АЛАР (8-13)

Условия Действия

Тип условия	Левая с...	Условие	Место условия	2-е место усл	Объект реализ.	Операция сравнения	Уставка усл.	Время проверки	Кс
▶ Запуск	АЛАР_Ц		8-13	В начале	АЛАР-Ц (8-13)		0	0	

Рис. 7. Приклад задання умови запуску автоматики АЛАР-Ц на лінії 8-13

Условия		Действия				
Действие	Место действия	2-е место действия	Объект реализ.	1-е значение	2-е значение	Время задержки
▶ Отключить ветвь	8-13			0	0	0

Рис. 8. Задання дії автоматики АЛАР-Ц на лінії 8–13

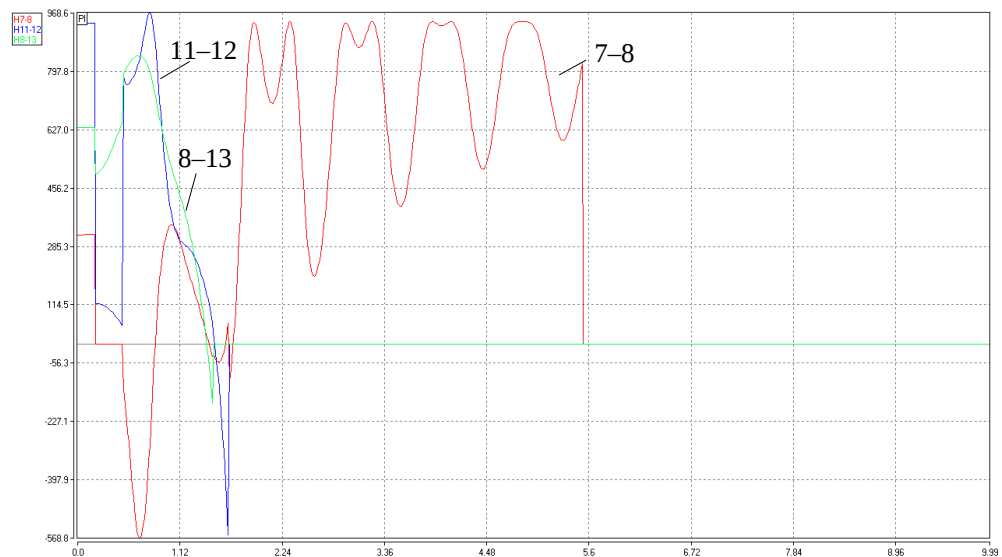


Рис. 9. Часові характеристики активної потужності контрольованих ліній

```

На 0.20 -ой сек Включен шунт в узле: 7 Z=(0, 0.001) Ом - Задание
На 0.50 -ой сек Отключен шунт в узле: 7 - Задание
АЛАР АЛАР-Ц (8-13) проворот на возрастание t= 1.31
АЛАР АЛАР-Ц (8-13) запуск УВО t= 1.33 X=20.84 U=75.28
На линии 8-13 ЭЦК
На линии 8-13 ЭЦК
На линии 8-13 ЭЦК
При t= 1.49 запущена автоматика N = АЛАР (8-13)
На 1.49 -ой сек Отключена линия: 8-13 - автом. N АЛАР (8-13)
Выполнена автоматика N = АЛАР (8-13)
АЛАР АЛАР-Ц (11-12) проворот на возрастание t= 1.49
На линии 11-12 ЭЦК
АЛАР АЛАР-Ц (11-12) запуск УВО t= 1.50 X=70.63 U=108.06
На линии 11-12 ЭЦК
На линии 11-12 ЭЦК
На линии 11-12 ЭЦК
На линии 11-12 ЭЦК
На линии 11-12 ЭЦК
При t= 2.01 запущена автоматика N = АЛАР (11-12)
На 2.01 -ой сек Отключена линия: 11-12 - автом. N АЛАР (11-12)
Выполнена автоматика N = АЛАР (11-12)
АЛАР АЛАР-Ц (7-8) запуск ТВО t= 4.55
При t= 4.55 запущена автоматика N = АЛАР (7-8)
На 4.55 -ой сек Отключена линия: 7-8 - автом. N АЛАР (7-8)
Выполнена автоматика N = АЛАР (7-8)

```

Рис. 10. Протокол результатів розрахунку перехідного процесу

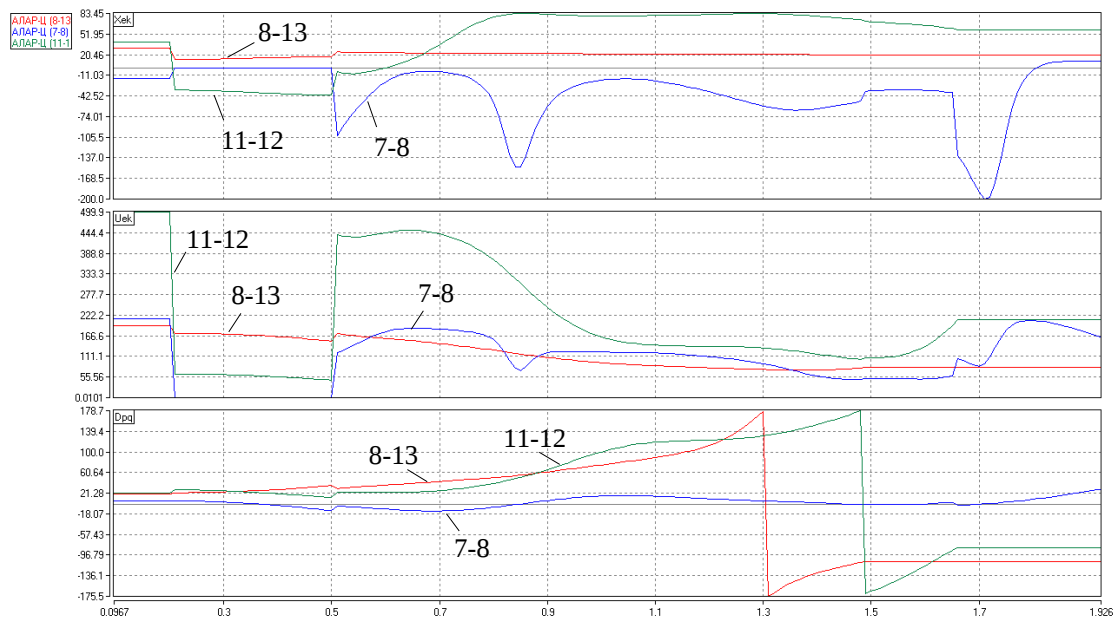


Рис. 11. Часові залежності еквівалентного опору, еквівалентної напруги і взаємного кута ліній 8-13, 7-8 і 11-12

Аналогічно працює АЛАР-Ц на лінії 11–12 (КВО запускається на $t=1,5$ с) та із заданою витримкою часу $T_{z1} > 0,5$ (різні витримки часу задані з метою демонстрації правильності відпрацювання алгоритму автоматик) з дією автоматики на відімкнення лінії 11–12.

Правильність спрацювання КВО АЛАР-Ц на лінії 8–13 і 11–12 демонструє рис. 11, на якому показані часові залежності еквівалентного опору, еквівалентної напруги і взаємного кута цих ліній.

На лінії 7–8 спрацьовує струмовий виявний орган (СВО) на $t=4,55$ с і запускає автоматику з дією на відімкнення лінії 7–8 (рис. 10).

Для демонстрації спрацювання циклового виявного органа (ЦВО) АЛАР-Ц задамо для АЛАР-Ц на лінії 11–12 параметри: $T_{z1} > 1$ с (було 0,5 с) і кількість проворотів на зростання $N_c > 2$ (було 3). Після проведення розрахунку перехідного процесу отримаємо такі результати (рис. 12).

Як видно з рис. 12 на лінії 11–12 запустився, як і в попередньому прикладі, спочатку КВО ($t=1,5$ с), але оскільки витримка часу 1 с, то за цей час спрацьовує ЦВО (другий проворот на $t=2,18$ с) і запускається автоматика з дією на від'єднання лінії (рис. 13).

```
АЛАР АЛАР-Ц (8-13) проворот на зростання t= 1.31
АЛАР АЛАР-Ц (8-13) запуск УВО t= 1.33 X=20.84 U=75.28
На лінії 8-13 ЗПК
На лінії 8-13 ЗПК
На лінії 8-13 ЗПК
При t= 1.49 запущена автоматика N = АЛАР (8-13)
На 1.49 -ой сек Отключена линия: 8-13 - автом. N АЛАР (8-13)
Выполнена автоматика N = АЛАР (8-13)
АЛАР АЛАР-Ц (11-12) проворот на зростання t= 1.49
АЛАР АЛАР-Ц (11-12) запуск УВО t= 1.50 X=70.63 U=108.06
На лінії 11-12 ЗПК
На лінії 11-12 ЗПК
На лінії 11-12 ЗПК
На лінії 11-12 ЗПК
На лінії 11-12 ЗПК
АЛАР АЛАР-Ц (11-12) проворот на зростання t= 2.18
АЛАР АЛАР-Ц (11-12) запуск ЦВО t= 2.18
При t= 2.18 запущена автоматика N = АЛАР (11-12)
На 2.18 -ой сек Отключена линия: 11-12 - автом. N АЛАР (11-12)
Выполнена автоматика N = АЛАР (11-12)
АЛАР АЛАР-Ц (7-8) запуск ТВО t= 4.51
При t= 4.51 запущена автоматика N = АЛАР (7-8)
На 4.51 -ой сек Отключена линия: 7-8 - автом. N АЛАР (7-8)
Выполнена автоматика N = АЛАР (7-8)
```

Рис. 12. Протокол результатів розрахунку перехідного процесу

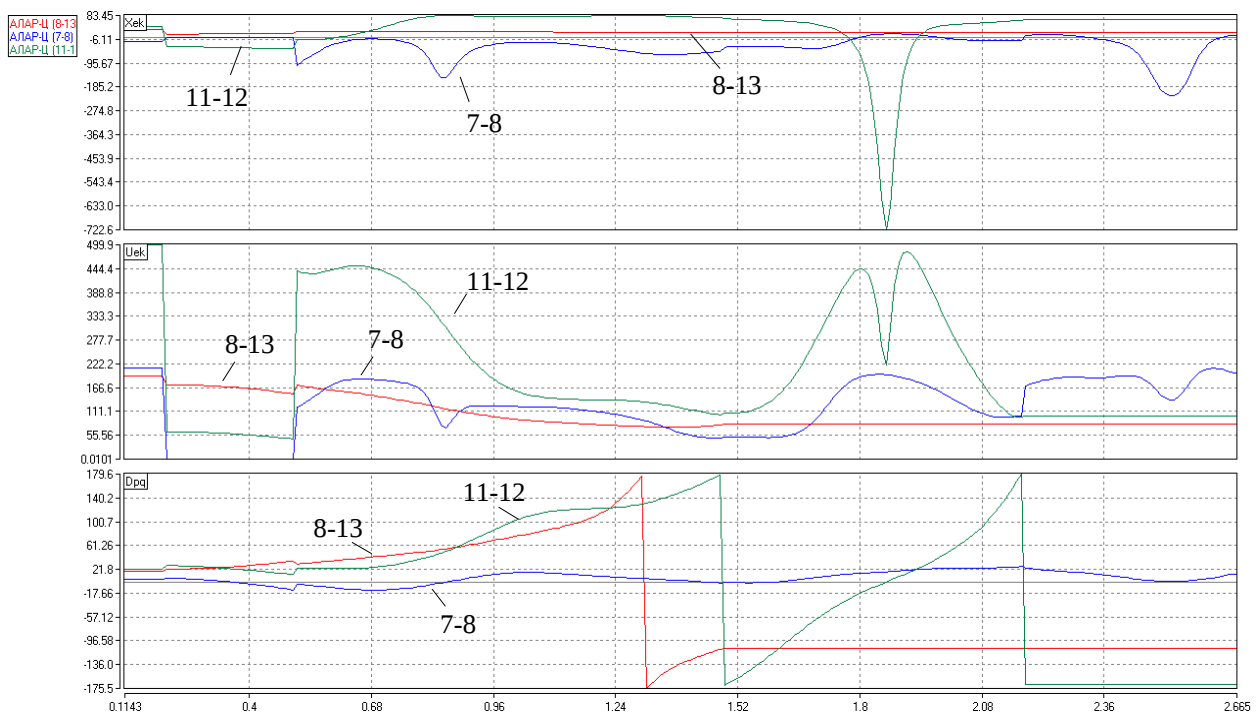


Рис. 13. Часові залежності еквівалентного опору, еквівалентної напруги і взаємного кута ліній 8-13, 7-8 і 11-12

Висновки

1. У програмному комплексі ДАКАР розроблено спеціалізовану програму для моделювання сучасного цифрового пристрою автоматики ліквідації асинхронного режиму АЛАР-Ц. Це дозволяє користувачу спростити процес задання вхідної інформації автоматики та здійснювати перевірку її уставок на цифровій моделі.

2. Проведені дослідження на цифровій моделі підтверджують ефективність АЛАР-Ц для селективного виявлення аварійних режимів роботи ЕЕС.

1. Коновал В. Аналіз аварійних ситуацій складних ЕЕС з врахуванням дії пристроїв автоматики ліквідації асинхронних режимів / В. Коновал, О. Скрипник, Т. Товстяк // Вісник Нац. ун-ту «Львівська політехніка». – 2009. – № 654: Електроенергетичні та електромеханічні системи. – С. 101–106. 2. Цифровая автоматика ликвидации асинхронных режимов АЛАР-Ц (модификации АЛАР-Ц-02, АЛАР-Ц-03, АЛАР-Ц-04) //Руководство по эксплуатации ТИЯК.648229.001.РЭ. – СПб., 2008. – 36 с. 3. АЛАР-Ц модификация 02, 03, 04. Методика выбора уставок. – СПб.: НИИПТ, 2008. – 31 с.

УДК 621.313.333

А.С. Куцук, М.Б. Семенюк

Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра ЕАП

АНАЛІЗ РЕЖИМІВ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ В УСТАНОВЦІ ГЕНЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СИНХРОННИМ ГЕНЕРАТОРОМ З ФАЗОВИМ КОМПАУНДУВАННЯМ

О Куцук А.С., Семенюк М.Б., 2011

Наведено результати аналізу режимів коротких замикань в установці генерування електроенергії синхронним генератором з фазовим компаундуванням. Дослідження виконані математичним моделюванням із застосуванням методу середньокрокових напруг другого порядку.

Ключові слова: синхронний генератор, фазове компаундування, коротке замикання, метод середньокрокових напруг.

The article presents mathematical model of phase compound synchronous generator and research results of three phase short circuit in out of sectional transformer.

Key words: synchronous generator, phase compound excitation system, three phase short circuit middle voltage method.

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень.

До систем збудження синхронних генераторів (СГ) висувають підвищені вимоги з погляду якості регулювання вихідної напруги, коефіцієнта потужності генератора, забезпечення стійкої роботи СГ в енергосистемі [4]. Значний інтерес становить поведінка системи збудження у разі виникнення аварійних ситуацій, зокрема, коротких замикань у лінії, найважчим з яких є трифазне коротке замикання. Завдання розроблення нових та модернізації існуючих систем збудження СГ з фазовим компаундуванням (ФК) вимагає проведення досліджень цих режимів роботи енергосистеми. Застосування в цьому разі спрощених лінеаризованих математичних моделей СГ із системою збудження, зокрема описаних в [5], не забезпечує отримання адекватного результату. Натомість такі дослідження доцільно проводити за допомогою математичних моделей, що враховують нелінійність синхронної машини, вплив демпферних контурів, дискретність вентилів напівпровідникових перетворювачів.

Завдання дослідження

Завданням дослідження є аналіз аварійних режимів у системі генерування електроенергії СГ з ФК, пов'язаних з трифазним коротким замиканням на виході блокового трансформатора.