

Тема: Підвищення ефективності роботи релейного захисту розподільних електричних мереж з відновлювальними джерелами енергії

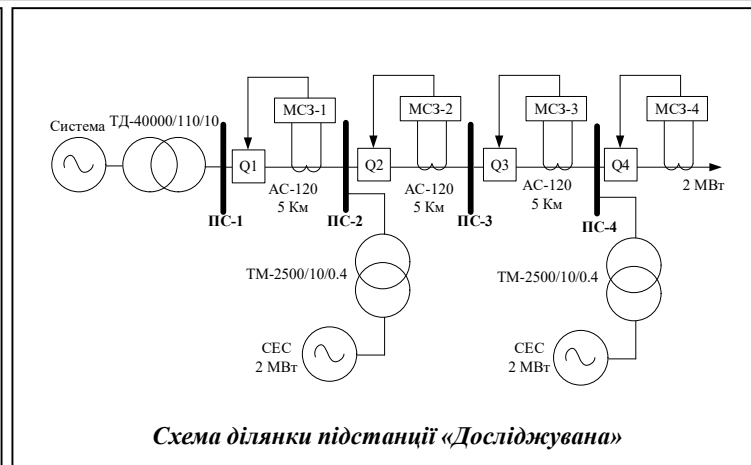
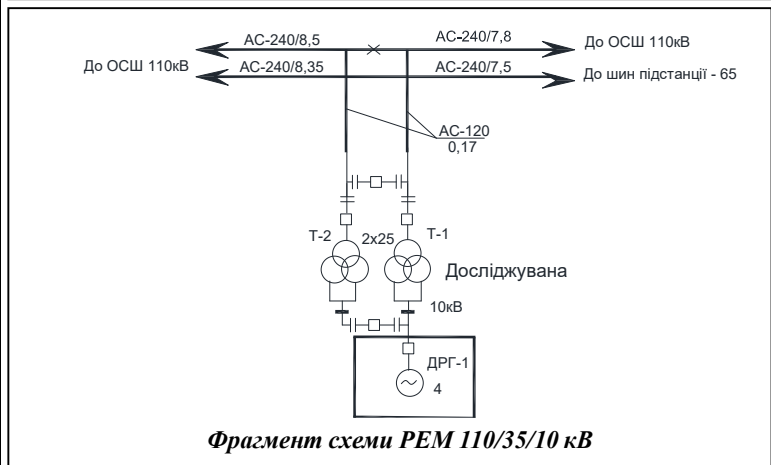
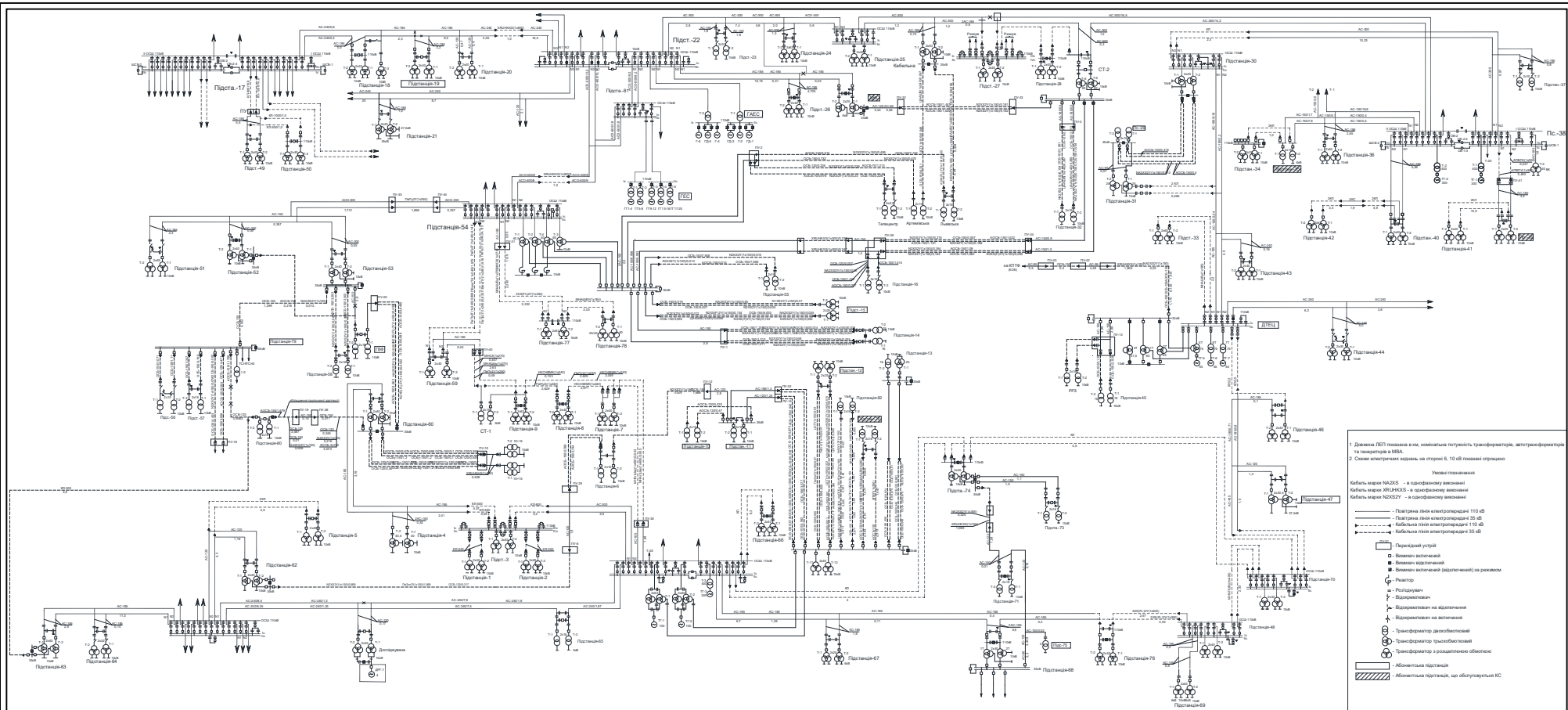
Актуальність роботи: активна інтеграція відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) у розподільні електричні мережі (РЕМ) трансформує їх з пасивного елемента мережі в активний. Наявність ВДЕ змінює перетоки потужності, що спричиняє коливання напруги у вузлах мережі та зміну величини струмів короткого замикання. Це в свою чергу впливає на роботу релейного захисту і може призвести до його некоректного спрацювання. Вирішення цієї проблеми потребує адаптивної зміни уставок релейного захисту з урахуванням впливу ВДЕ, що, у свою чергу, зумовлює необхідність застосування адаптивних підходів.

Мета роботи: підвищення ефективності роботи релейного захисту шляхом використання алгоритму адаптивного коригування уставок в залежності від режиму роботи ВДЕ в РЕМ.

Поставлені задачі:

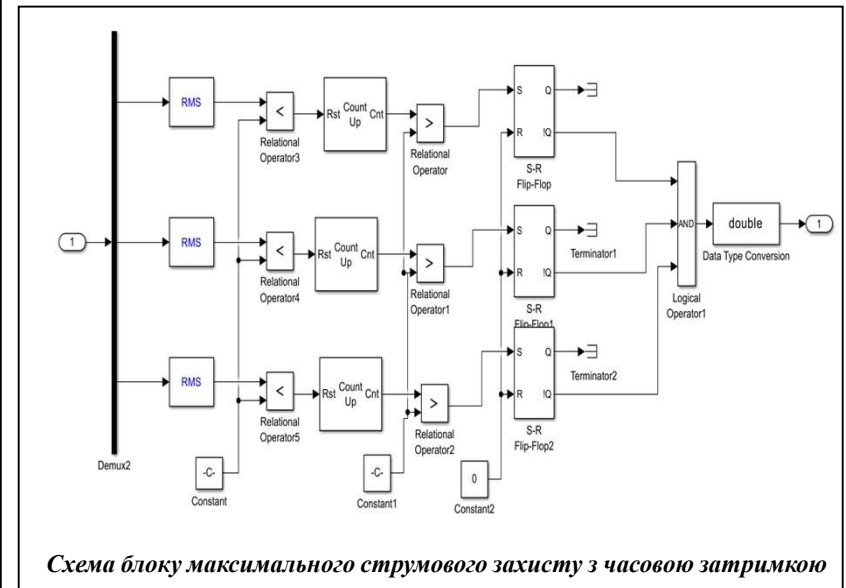
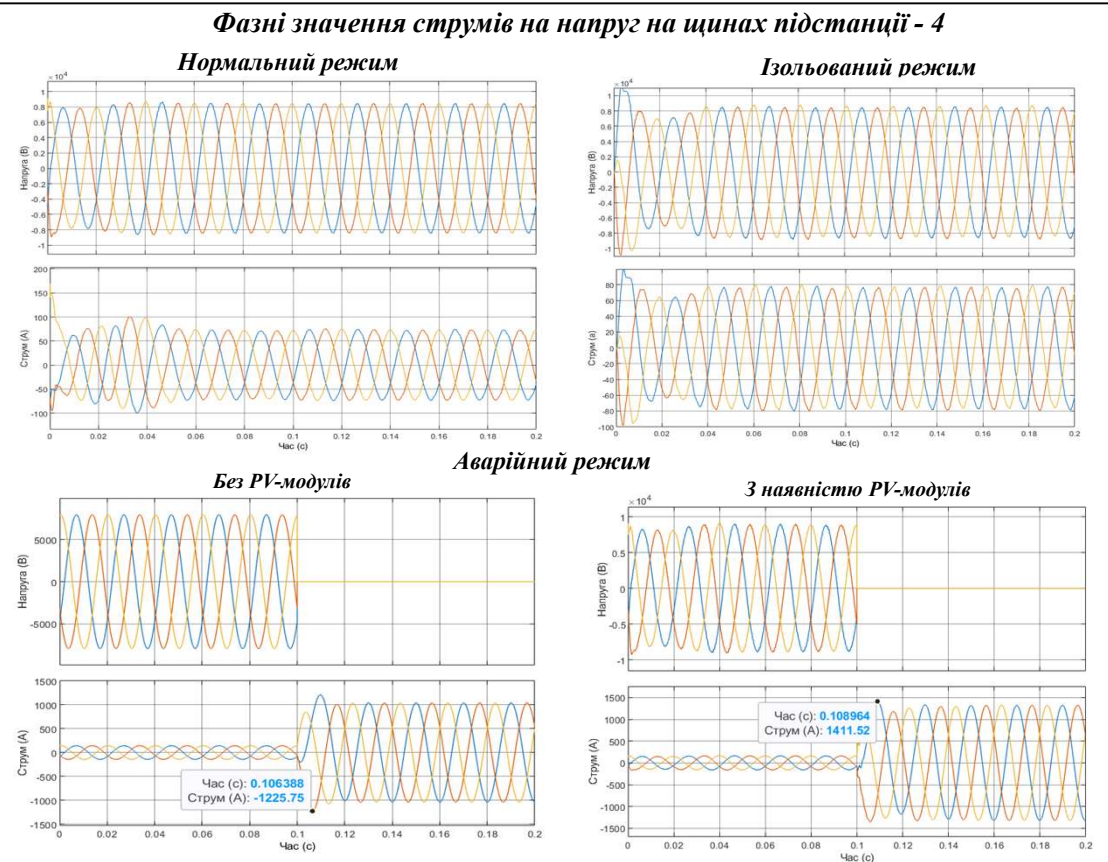
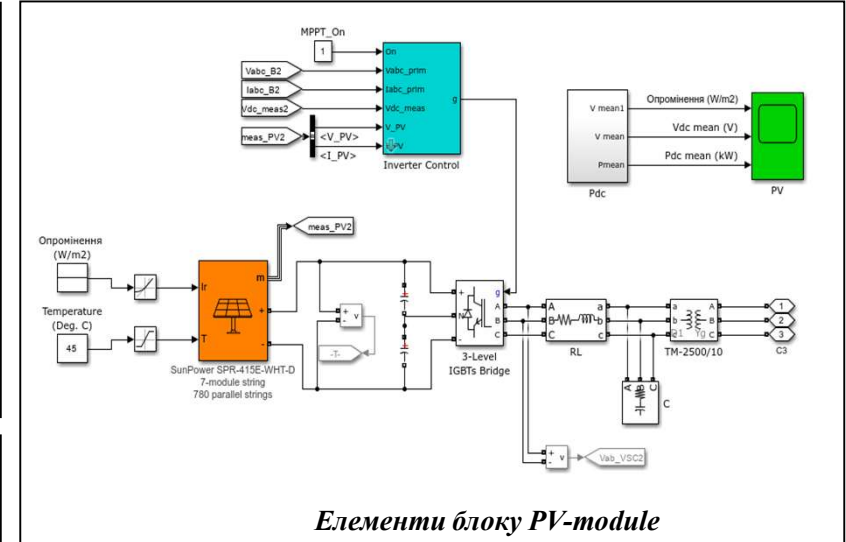
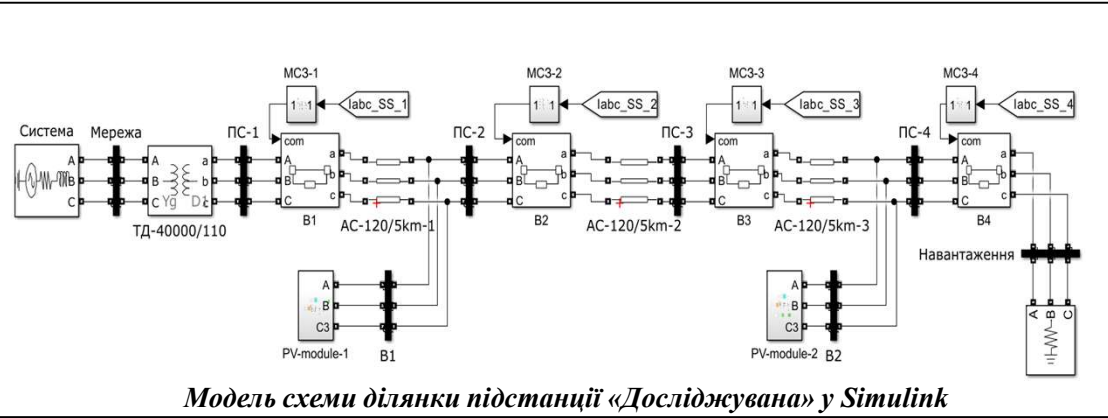
1. Проаналізувати стан та основні проблеми розвитку розподільних електричних мереж.
2. Дослідити особливості керування розподільними електричними мережами з відновлювальними джерелами енергії.
3. Проаналізувати вплив відновлювальних джерел енергії на роботу пристроїв релейного захисту.
4. Розробити математичну модель розподільної електричної мережі з відновлювальними джерелами енергії, та провести моделювання в нормальному, ізольованому та аварійному режимі роботи.
5. Виконати розрахунок уставок реле максимального струмового захисту із залежною характеристикою на основі результатів моделювання. Перевірити роботу релейного захисту з розрахованими уставками.
6. Розробити алгоритм адаптивного коригування уставок реле, що враховує зміну режиму роботи відновлювальних джерел енергії та провести експериментальні дослідження для перевірки його працездатності.

						141.ЕК1127.017ТК1	
						Літ.	Месець
Знак	Дир.	№ докум.	Питання	Дія	Вступна частина		
Розробив	Савва О.В.				Лист 1	Лист 1	
Перевірив	Видицький О.С.						
Реценз.							
Н. Коопр.	Шошківський О.Г.				КПІ ім. Ігоря Сікорського ФЕА гр.ЕК-11		
Відомий	Марченко А.А.						



				141.EK1127.017TK2	
				Нормальна схема електричних з'єднань розподільної електричної мережі 110/35/10 кВ	
Знак	Дир.	№ докум.	Питом.	Дата	Лист
Розробив	Савва О.В.				Лист 1
Перевірив	Валюцький О.С.				Лист 1
Ревизор					
Н. Коопр.	Шиньковий О.Г.				КПІ ім. Ігоря Сікорського
Інженер	Марченко А.А.				ФЕА гр.ЕК-11

Моделювання нормального, усталеного та ізолюваного режимів роботи схеми ділянки підстанції «Досліджувана» типової РЕМ 110/35/10 кВ



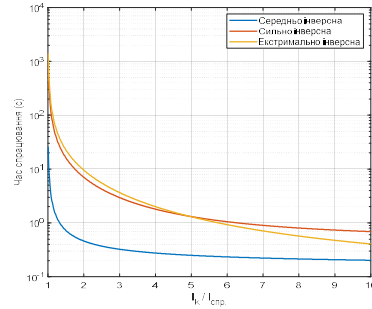
						141.EK1127.017TK3			
Знак	Лист	№ докум.	Питом.	Дата			Лист	Масштаб	
Розробив	Проверив	Виконавчий О.С.			Математичне моделювання режимів роботи розподільної мережі з відновлювальними джерелами енергії		Лист 1	Лист 1	
Результ.	Н. Коопр.	Шиньковський О.Г.					КПІ ім. Ігоря Сікорського ФЕА гр.ЕК-11		
Виконав	Мартинюк А.А.								

Типові значення A, B і P для МСЗ згідно IEEС C.37.112

Характеристика	A	B	P
Середньо інверсна	0.0515	0.1140	0.2
Сильно інверсна	19.61	0.4910	2
Екстримально інверсна	28.2	0.1217	2

- Коефіцієнт трансформаторів струму $K_{TC} = 100$;
- Ступінь селективності $\Delta t = 0.1$ секунди;
- Мінімальний час спрацювання захисту $t_c = 0.15$ секунд.

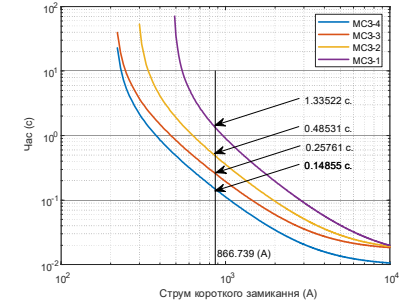
$$4 \leq \frac{I_{K3}}{K_{TC} \times TAP} \leq 6 \quad (3.1) \quad t = LEVEL \times \left[\frac{A}{\left(\frac{I_{K3}}{K_{TC} \times TAP} \right)^P - 1} \right] + B \quad (3.2)$$



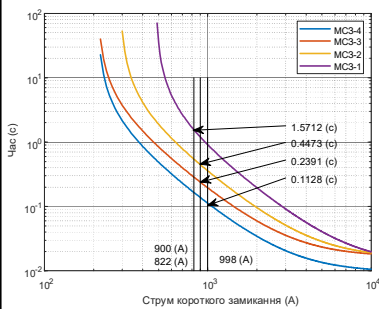
Криві стандартних залежностей згідно IEEС C.37.112

Струм КЗ та час спрацювання МСЗ при КЗ на шинах підстанції

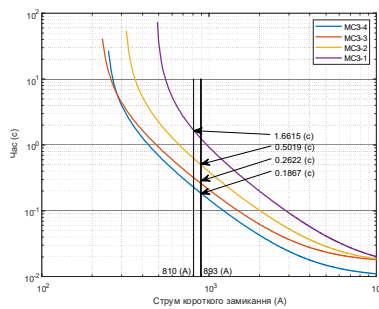
Реле	TAP/LEVEL налаштування	Підстанції на шинах яких виникло коротке замикання							
		Підстанція - 1		Підстанція - 2		Підстанція - 3		Підстанція - 4	
		Струм КЗ, А	Час спрацювання, с	Струм КЗ, А	Час вимозлення, с	Струм КЗ, А	Час спрацювання, с	Струм КЗ, А	Час спрацювання, с
МСЗ-1	4.8/0.106	0.04084	0.210137	0.58808	1.33522				
МСЗ-2	2.9/0.132	-	0.102113	0.24905	0.48531				
МСЗ-3	2.1/0.137	4988.1	-	1194.9	0.1398	866.739	0.25761		
МСЗ-4	2.1/0.079	-	-	-	-	-	0.14855		



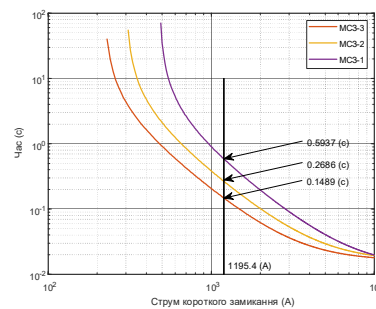
Характеристика узгодження МСЗ при КЗ на шинах підстанції - 4 у випадку відсутності PV-модулю



Характеристика узгодження МСЗ при КЗ на шинах підстанції - 4 з підключеними PV-модулями до електромережі



Характеристика узгодження МСЗ при КЗ на шинах підстанції - 4 з устатками реле (табл.4.1) у випадку PV-модуля на шинах підстанції - 2



Характеристика узгодження МСЗ при КЗ на шинах підстанції - 3 з устатками реле (табл.3.3) у випадку PV-модуля на шинах підстанції - 4

Таблиця 3.1 - Адаптивні уставки реле враховуючи підключення двох PV-модулів

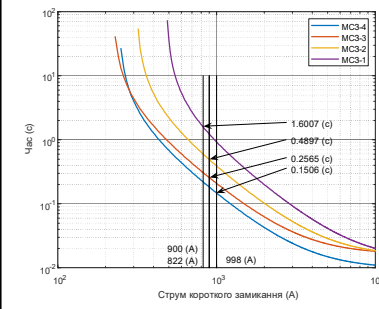
РЕЛЕ	Струм короткого замикання (А)	початкові налаштування TAP/LEVEL	Час спрацювання (с)	перераховані налаштування TAP/LEVEL	Час спрацювання (с)
МСЗ-1	822	4.8/0.106	1.5712	4.8/0.108	1.6007
МСЗ-2	900	2.9/0.132	0.4473	3.1/0.125	0.4897
МСЗ-3	900	2.1/0.137	0.2391	2.2/0.134	0.2565
МСЗ-4	998	2.1/0.079	0.1128	2.4/0.080	0.1506

Таблиця 3.2 - Адаптивні уставки реле враховуючи PV-модуль на шинах підстанції - 2

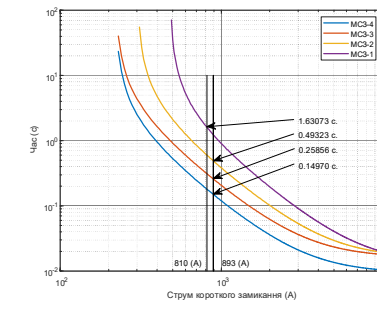
РЕЛЕ	Струм короткого замикання (А)	Початкові уставки		Перераховані уставки		Час спрацювання (с)
		TAP/LEVEL	Час спрацювання (с)	TAP/LEVEL	Час спрацювання (с)	
МСЗ-1	893	4.8/0.108	1.6015	4.8/0.106	1.63073	
МСЗ-2	893	3.1/0.125	0.50193	3/0.132	0.49322	
МСЗ-3	893	2.2/0.134	0.26223	2.2/0.133	0.25856	
МСЗ-4	810	2.4/0.08	0.18665	2.2/0.077	0.1497	

Таблиця 3.3 - Адаптивні уставки реле враховуючи PV-модуль на шинах підстанції - 4

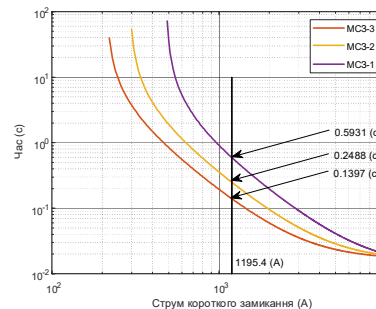
РЕЛЕ	Струм короткого замикання (А)	початкові налаштування		перераховані налаштування		Час спрацювання (с)
		TAP/LEVEL	Час спрацювання (с)	TAP/LEVEL	Час спрацювання (с)	
МСЗ-1	1195.4	4.8/0.106	0.5937	4.8/0.107	0.5931	
МСЗ-2	1195.4	3/0.132	0.2686	2.9/0.132	0.2488	
МСЗ-3	1195.4	2.2/0.133	0.1489	2.1/0.137	0.1397	
МСЗ-4		2.2/0.077		2.4/0.075		



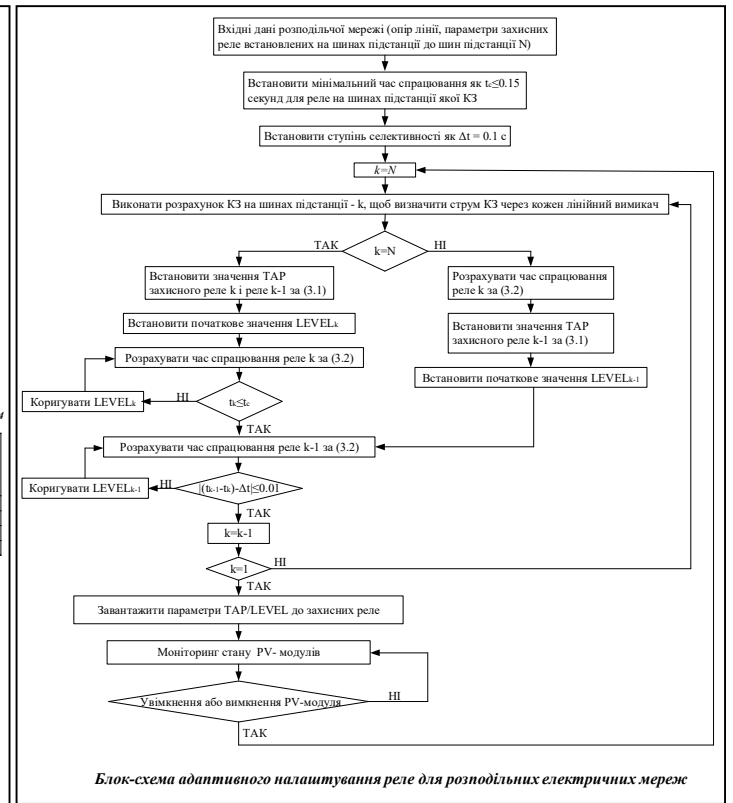
Характеристика узгодження МСЗ при КЗ на шинах підстанції - 4 з устатками реле (табл.3.1) у випадку підключення двох PV-модулів



Характеристика узгодження МСЗ при КЗ на шинах підстанції - 4 з устатками реле (табл.3.2) у випадку PV-модуля на шинах підстанції - 2



Характеристика узгодження МСЗ при КЗ на шинах підстанції - 3 з устатками реле (табл.3.3) у випадку PV-модуля на шинах підстанції - 4



Блок-схема адаптивного налаштування реле для розподільчих електричних мереж

				141.EK1127.017TK4			
				Розробок та розробка засобів підвищення ефективності релейного захисту			
Знак	Дат.	№ докум.	Помил.	Лист	Максимал.		
Розробник	Савва О.В.			Лист 1	Листів 1		
Перевірник	Видицький О.С.						
Рецензент							
Н. Коопр.	Школьников О.Г.			КПІ ім. Ігоря Сікорського ФЕА гр.ЕК-11			
Інженер	Мариченко А.А.						