

ВНТУ

Кафедра електричних станцій і систем

**ДІАГНОСТУВАННЯ ВИСОКОВОЛЬТНИХ
КОНДЕНСАТОРІВ ЗВ'ЯЗКУ 330 кВ**

Студент групи ЕС-15сп

Даліщинський Сергій Сергійович

Керівник, доцент

Рубаненко О.Є.

Призначення та зовнішній вигляд конденсаторів зв'язку

1



Конденсатор СМА-166/ $\sqrt{3}$ -14 УХЛ1 призначений для забезпечення високочастотного зв'язку на частотах від 24 до 1500 кГц в лініях електропередачі номінальною напругою 35, 110, 150, 220, 330, 500 кВ змінного струму частоти 50 і 60 Гц.

Конструктивні особливості та матеріали для виготовлення конденсаторів зв'язку. КЗ складаються з конденсаторних секцій між двома тонкими широкими металевими стрічками прокладається тонкий шар діелектрика, крім того діелектрична плівка розташовується зверху та знизу металевих стрічок – обкладинок конденсатора.



Конструктивні елементи конденсаторів зв'язку

2



Кріплення конденсаторних пакетів всередині елемента конденсатора



Конденсаторна секція та конденсаторний папір для додаткової ізоляції між секціями



Зібрані в пакет конденсаторні секції



Мембранні коробки (сильфони) конденсаторів зв'язку

Параметри та пошкоджуваність конденсаторів

СМА-166

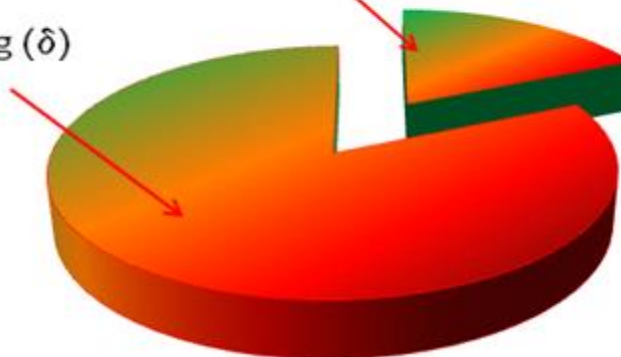
- тангенс кута втрат ($\text{tg}\delta$);
- електричний опір ізоляції конденсатора
- постійна часу, яка виражається в секундах, та дорівнює добутку опору ізоляції на значення номінальної ємності
- опір ізоляції між корпусом і сполученими разом виводами конденсатора;
- постійна часу, яка виражається в секундах, та дорівнює добутку опору ізоляції на значення номінальної ємності;
- частотні властивості
- температурний коефіцієнт ємності (ТКЄ) – параметр, що застосовується для характеристики конденсаторів лінійною залежністю ємності від температури.
- допустима амплітуда змінної напруги на конденсаторі $U_{\text{м.доп.}}$;
- характер залежності діючої ємності конденсатора (з урахуванням впливу параметрів L_c і R_n) в діапазоні частот в нуля до f_p обумовлюється співвідношенням параметрів C , L_c , R_n

До 5 років експлуатації (12 штук)

Понад 25 років експлуатації (11 штук)

2 штуки – зміна ємності

9 штук – зміна тангенсу $\text{tg}(\delta)$



Види пошкоджень СМА-166

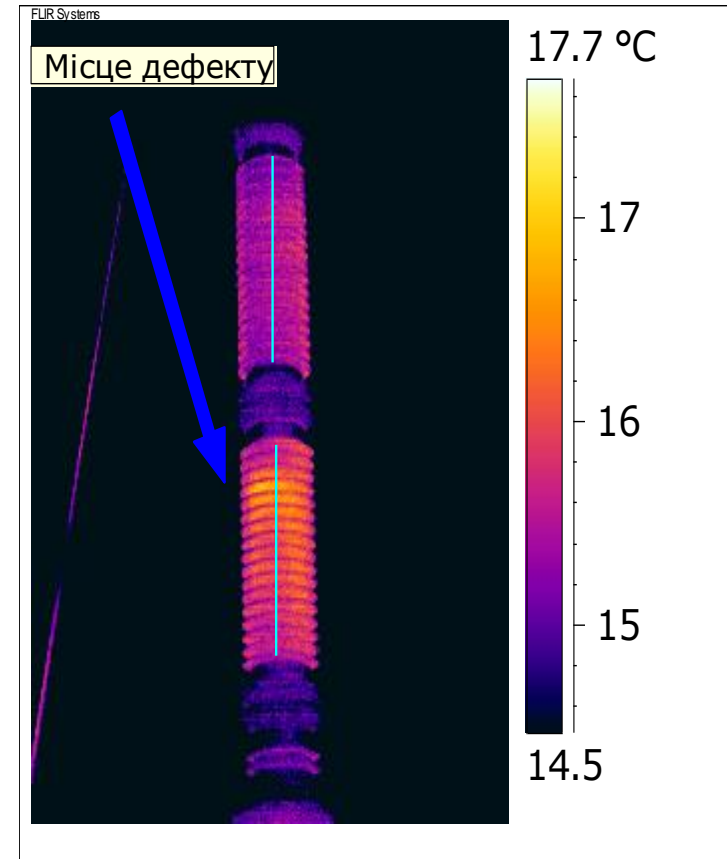
4



Сліди пробою секції з деформацією фольги і діелектричної плівки та слідами розкладання діелектричної плівки та рідкого діелектрика



Сліди електричного пробою секції, які починаються в місцях деформації органічної плівки та вийшли на поверхню секції



Розподіл температур у дефектних конденсаторів

ПОТОЧНІ ПАРАМЕТРИ КОНДЕНСАТОРІВ ЗВ'ЯЗКУ СМА-166

Параметри					
$\text{tg } \delta_{\text{конд}}, \%$	0,07	0,1	0,4	0,6	0,79
$R_{\text{із}}, \text{МОМ}$	520	480	420	300	360
$C_{\text{конд}}, \text{нФ}$	6,9	8,1	9,5	10,3	46,29
$\Delta C/C, \%$	0,1	6	40	120	235
$\Delta \text{tg } \delta_{\text{конд}} / \text{tg } \delta_{\text{конд}}, \%$	-	42,8	300	50	32
$\Delta t^{\circ}\text{C}$	0,2	0,5	1,3	1,8	2,2
C_2H_2, ppm	0,5	0,6	0,65	0,8	1
$W, \text{г/т}$	1	2	5	6	8

Параметри обладнання в іменованих одиницях

Параметри					
$\text{tg } \delta_{\text{конд}}, \%$	1	1,429	5,714	8,57	11,286
$R_{\text{із}}, \text{МОМ}$	1	0,923	0,808	0,577	0,629
$C_{\text{конд}}, \text{нФ}$	1	1,174	1,377	1,493	6,707
$\Delta C/C, \%$	1	60	400	1200	2350
$\Delta \text{tg } \delta_{\text{конд}} / \text{tg } \delta_{\text{конд}}, \%$	-	1	7,001	1,168	0,748
$\Delta t^{\circ}\text{C}$	1	2,5	6,5	9	11
C_2H_2, ppm	1	1,2	1,3	1,6	2
$W, \text{г/т}$	1	2	5	6	8

Параметри обладнання у відносних одиницях

ПОШКОДЖУВАНІСТЬ КОНДЕНСАТОРІВ ЗВ'ЯЗКУ

Діагностичний параметр		Кількість ремонтованих КЗ, що мають понаднормове значення діагностичного параметра	
Позначення	Назва параметра	штук	%
$\text{tg } \delta_{\text{конд}}$	Тангенс кута діелектричних втрат	3	8,1
$R_{\text{із}}$	Опір ізоляції	1	2,7
$C_{\text{конд}}$	Ємність КЗ	5	13,5
$\Delta C/C$	Зміна швидкості ємності	8	21,61
$\frac{\Delta \text{tg} \delta_{\text{конд}}}{\text{tg} \delta_{\text{конд}}}$	Зміна тангенса кута діелектричних втрат	7	18,9
Δt	Температура покриття конденсатора	4	10,8
C_2H_2	Розчинені в конденсаторному маслі газу	7	18,9
W	Вміст вологи	2	5,4
Разом		37	100

Діагностичні параметри конденсаторів СМА-166

C_x – ємність ізоляції

$\Delta C/C$ – швидкість зміни ємності секцій

$tg(\delta)$ – тангенс кута діелектричних втрат

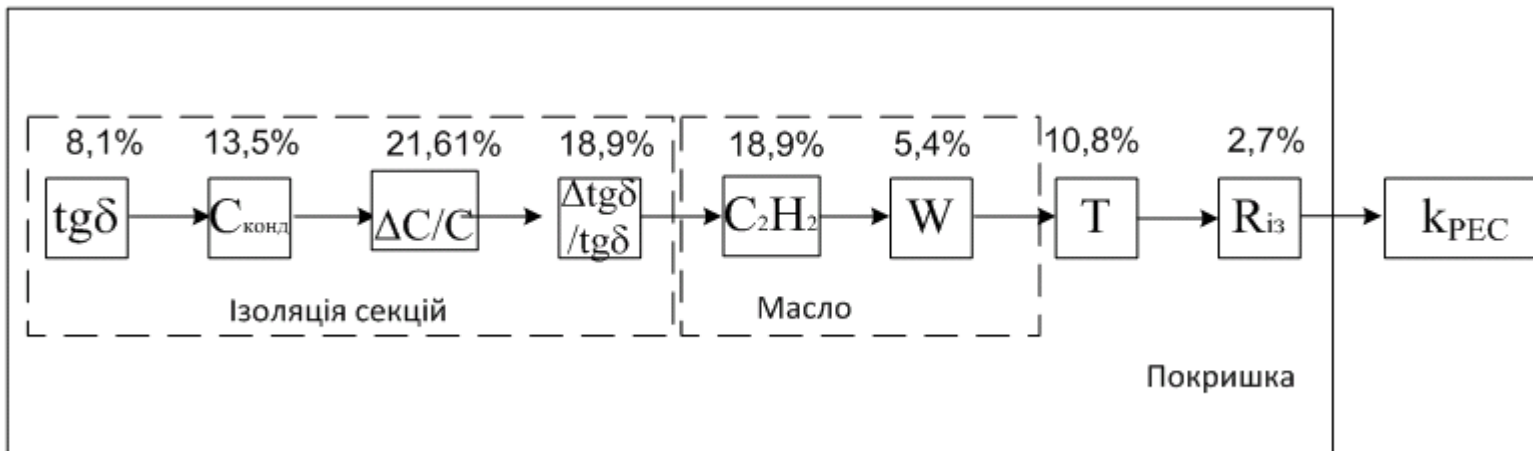
$\Delta tg \delta_{\text{конд}} / tg \delta_{\text{конд}}$ – зміна тангенса кута діелектричних втрат

C_2H_2 – вміст розчинених, в конденсаторному маслі, газів

W – вміст вологи

T – температура покришки конденсатора

$R_{із}$ – опір ізоляції конденсатора, який вимірюють між його виводам



Структурна схема моделі коефіцієнта залишкового ресурсу КЗ

Коефіцієнт залишкового ресурсу k_i по i -му діагностичному параметру

$$k_{i1} = \left| \frac{x_{i1,гран} - x_{i1,пот}}{x_{i1,гран} - x_{i1,поч}} \right|$$

$x_{i1,гран}$ – граничне нормативне значення i_1 -го діагностичного параметра, $x_{i1,пот}$ – значення i_1 -го діагностичного параметра на момент контролю, $x_{i1,поч}$ – початкове значення i_1 -го діагностичного параметра (на момент введення в експлуатацію нового обладнання або після ремонту), i_1 – діагностичний параметр.

Так для герметичного КЗ параметр $tg(\delta)$ після ремонту дорівнював 0,07%, а на момент контролю дорівнював 0,1%, граничне значення цього параметру – 0,8 %.

$$k_{tg(\delta)} = \left| \frac{0.8 - 0.07}{0.8 - 0.1} \right| = 0.92 \text{ (в.о.)}$$

Фрагмент скорегованих значень коефіцієнта залишкового ресурсу конденсатора СМА-166

Діагностичні параметри								Коефіцієнт залишкового ресурсу КЗ
$k_{\text{трбконд}}$ в.о.	$k_{\text{виз}}$ в.о.	$k_{\text{сконд}}$ в.о.	$k_{\Delta C/C}$ в.о.	$k_{\Delta E}$ бконд / трбконд в.о.	$k_{\Delta \rho}$ в.о.	$k_{\text{С2Н2}}$ в.о.	k_w в.о.	
0	0	0	0	0	0	0	0	0
0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
...
0,75	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,273
0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,321
0,65	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35	0,368
0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,413
0,3	0,3	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,336
...
0,5	0,04	0,49	0,51	0,98	0,16	0,35	0,35	0,320
0,51	0,04	0,48	0,52	0,96	0,17	0,4	0,4	0,370
0,52	0,04	0,47	0,53	0,94	0,18	0,3	0,3	0,350
...
0,87	0,06	0,12	0,88	0,24	0,53	1	0,35	0,410

Етапи математичного моделювання Крес

ЯКЩО $k_1 \in$ "нормальне" ТА $k_2 \in$ "нормальне" ТА $k_3 \in$ "нормальне"

ТА $k_4 \in$ "нормальне" ТА $k_5 \in$ "нормальне" ТО

$$k_{\text{заг.зал.рес}} = -0.222 \cdot k_1 + -0.223 \cdot k_2 + 0.277 \cdot k_3 + 0.56 \cdot k_4 + 0.295 \cdot k_5 + 0.0443$$

ЯКЩО $k_1 \in$ "незначне відхилення" ТА $k_2 \in$ "незначне відхилення"

ТА $k_3 \in$ "незначне відхилення"

ТА $k_4 \in$ "незначне відхилення" ТА $k_5 \in$ "незначне відхилення" ТО

$$k_{\text{заг.зал.рес}} = 0.267 \cdot k_1 + 0.259 \cdot k_2 - 0.134 \cdot k_3 + 0.37 \cdot k_4 - 0.089 \cdot k_5 + 0.107$$

ЯКЩО $k_1 \in$ "передаварійне" ТА $k_2 \in$ "передаварійне" ТА $k_3 \in$ "передаварійне"

ТА $k_4 \in$ "передаварійне" ТА $k_5 \in$ "передаварійне" ТО

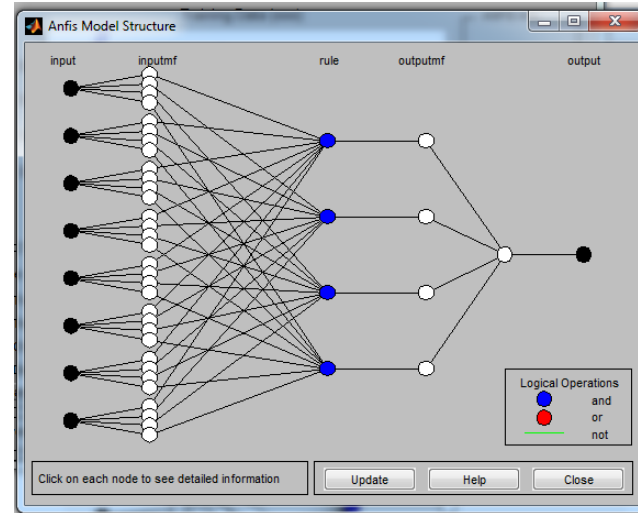
$$k_{\text{заг.зал.рес}} = 0.504 \cdot k_1 + 0.070 \cdot k_2 - 0.199 \cdot k_3 + 0.243 \cdot k_4 - 0.09 \cdot k_5 + 0.243$$

ЯКЩО $k_1 \in$ "аварійне" ТА $k_2 \in$ "аварійне" ТА $k_3 \in$ "аварійне" ТА $k_4 \in$ "аварійне"

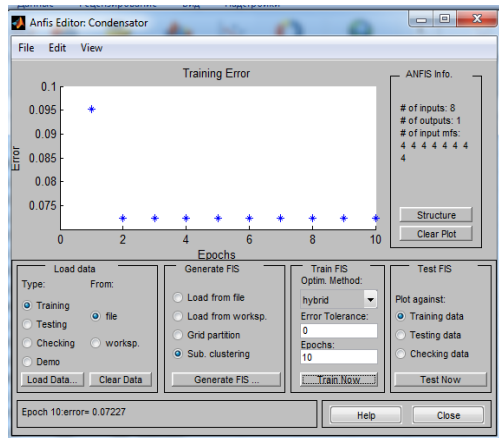
ТА $k_5 \in$ "аварійне" ТО

$$k_{\text{заг.зал.рес}} = 0.351 \cdot k_1 + 0.128 \cdot k_2 - 0.170 \cdot k_3 + 0.4 \cdot k_4 - 0.111 \cdot k_5 + 0.145$$

...

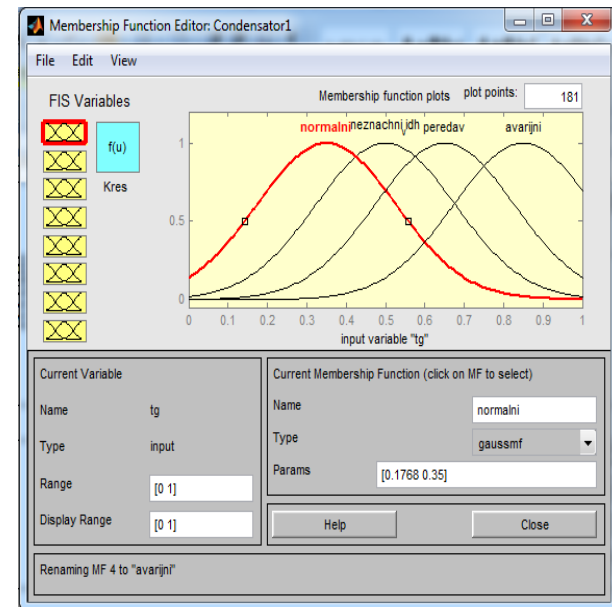


Структура нейромережі



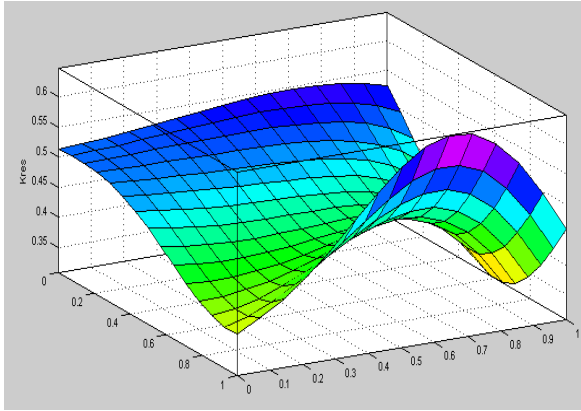
Навчання нейромережі

Гаусові функції належності термів нечітких вхідних змінних

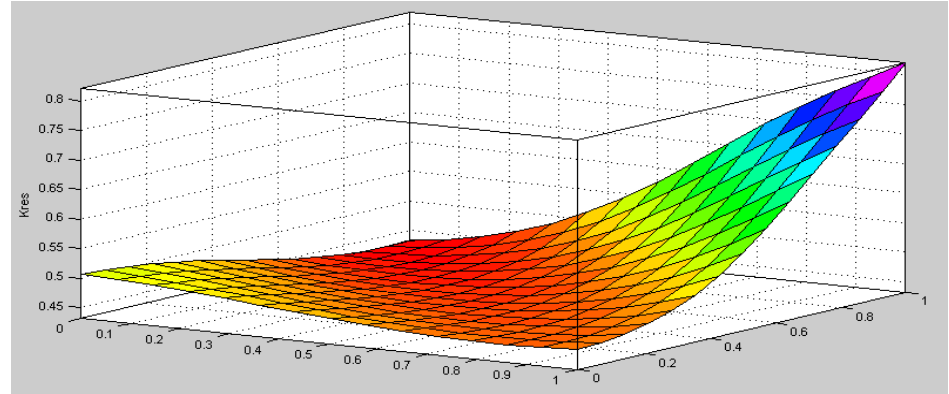


Етапи моделювання

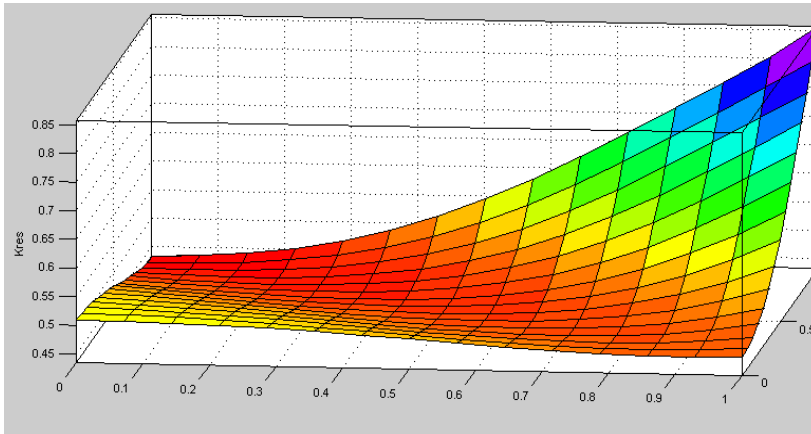
12



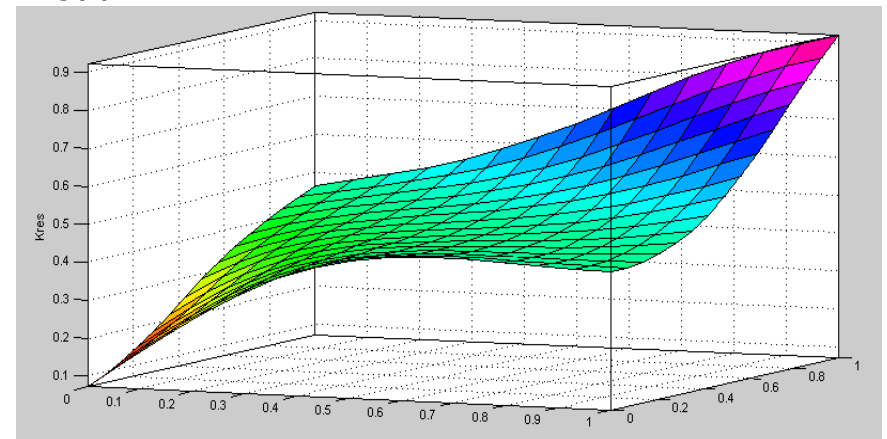
Залежність коефіцієнта
залишкового ресурсу від
 k_C та k_t



Залежність коефіцієнта залишкового
ресурсу від
 k_{C2H2} та $k_{tg(\delta)}$



Залежність коефіцієнта залишкового
ресурсу від
 $k_{tg(\delta)}$ та k_R



Залежність коефіцієнта залишкового
ресурсу ВУ від
 k_W та $k_{\Delta C/C}$

Схема підключення вимірювальних мостів "Вектор 2" та СА 7100 для контролю СМА-166

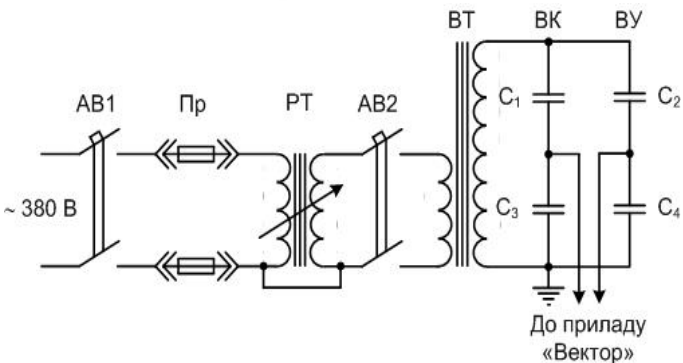
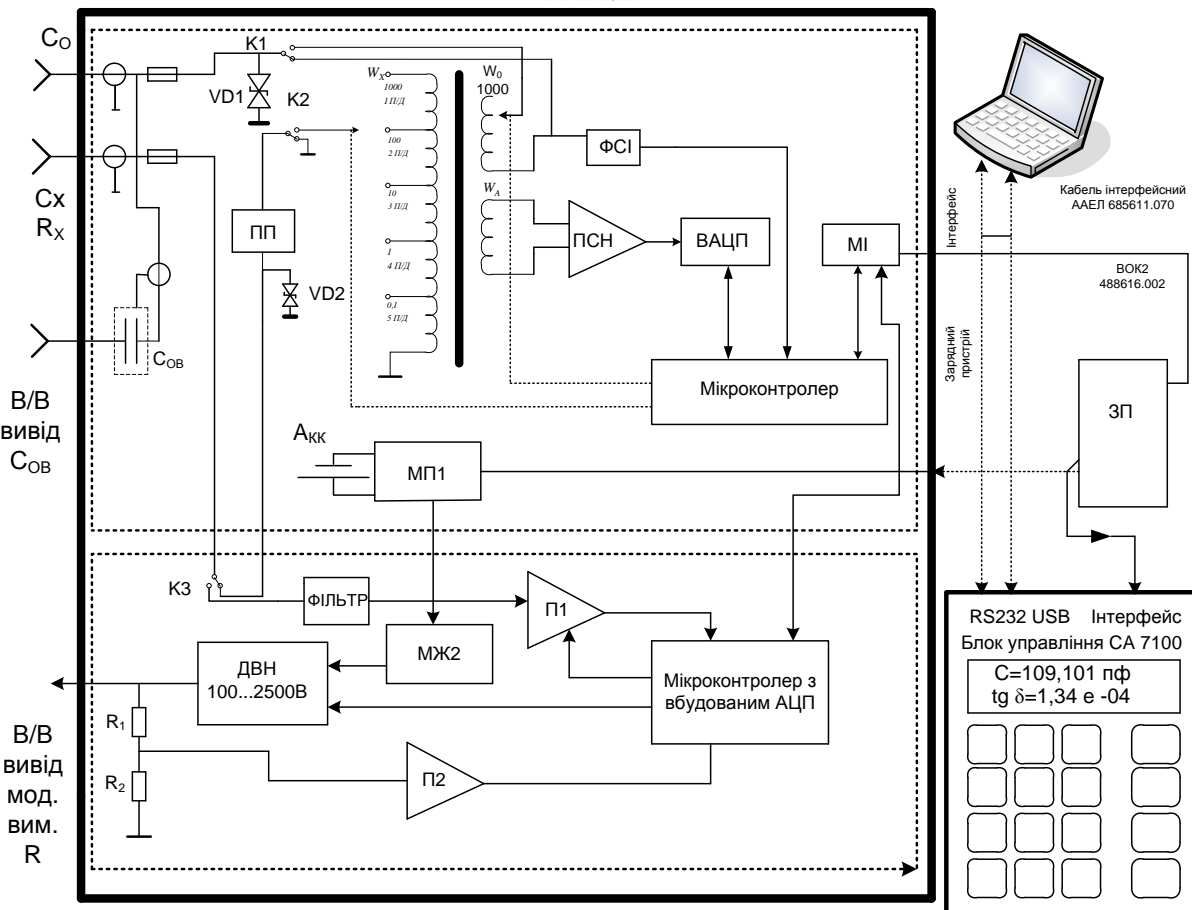


Схема випробувань високою напругою : АВ1 – вхідний автомат; Пр – запобіжник; РТ – регулювальні трансформатор; АВ2 – захисний автомат; ВТ – випробувальний трансформатор; ВК – вимірювальний конденсатор; ВУ – КЗ, що випробовується.

Вимірювання мостом "Вектор 2" та СА 7100

КС - компаратор струмів; ФСІ - формувач синхроімпульсів; ПСН - підсилювач сигналу нерівноваги; ВАЦП – вектор-вимірювальний аналого-цифровий перетворювач; ПП-пороговий пристрій; МІ - модуль інтерфейсу; МЖ₁ - модуль живлення1; Акк - свинцево-кислотний акумулятор; ЗП - зарядний пристрій; П₁ – підсилювач 1 зі змінним коефіцієнтом підсилення; П₂ – підсилювач 2; МЖ₂ - модуль живлення 2; ДВН - джерело високої напруги; В/в - вивід С0; ВОК – волоконно-оптичний кабель; ВК (блок керування)



В наш час в експлуатації знаходиться велика кількість КЗ різних виробників, що значно ускладнює вивчення їх конструкцій, їх експлуатацію, обслуговування і ремонти.

Необхідність продовження терміну роботоздатності застарілих КЗ та дозвіл на введення в експлуатацію КЗ нових конструкцій зумовлюють необхідність вдосконалення методів та засобів їх випробовувань та діагностування.

Концепція продовження терміну служби КЗ, організації своєчасного ремонту і відновлення характеристик – одна з задач технічного діагностування. Технічне діагностування – один з важливих заходів із забезпечення і підтримки надійності КЗ.

Покращення якості технічного діагностування передбачає розвиток як методів, так і засобів автоматизації процесу визначення технічного стану КЗ, за рахунок використання сучасних програмних засобів в режимі реального часу.

В роботі вдосконалено методи діагностування КЗ за рахунок вдосконалення математичних моделей визначення коефіцієнту їх залишкового ресурсу з застосуванням нейро-нечіткого моделювання.

Дякую за увагу
Доповідь закінчена