

Министерство образования и науки Украины  
Государственное высшее учебное заведение  
«Национальный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ВЫПОЛНЕНИЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ  
ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ РЗ - 3  
«Исследование работы измерительных  
преобразователей синусоидального тока »  
По дисциплине «Основы релейной защиты и автоматики»  
для студентов направления подготовки 6.050701 «Электротехника и  
электротехнологии»

Днепропетровск  
2013

Министерство образования и науки Украины  
Государственное высшее учебное заведение  
«Национальный горный университет»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ВЫПОЛНЕНИЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ  
ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ РЗ - 3  
«Исследование работы измерительных  
преобразователей синусоидального тока »  
По дисциплине «Основы релейной защиты и автоматики»  
для студентов направления подготовки 6.050701 «Электротехника и  
электротехнологии»

Днепропетровск  
2013

Методические указания к лабораторной работе РЗ - 3 «Исследование работы измерительных преобразователей синусоидального тока» По дисциплине «Основы релейной защиты и автоматики» для студентов направления подготовки 6.050701 «Электротехника и электротехнологии»  
/ Составил.: В. Д. Трифонов, А.Р. Ковалёв , Д. В. Трифонов,– Днепропетровск: ДВУЗ НГУ, кафедра СЕС 2013. – 8 с.

Составители: В. Д. Трифонов, профессор  
А.Р. Ковальов ст. препод.  
Д. В. Трифонов, доцент

Цель работы: способы проверки трансформаторов тока в устройствах релейной защиты и автоматики, изучение схем соединений трансформаторов тока и реле, анализ токов распределения в токовых цепях для различных соединений трансформаторов тока и реле при различных видах КЗ.

## ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Бесперебойная работа устройств релейной защиты и автоматики в условиях эксплуатации может быть обеспечена только при наличии исправных трансформаторов тока, имеющих соответствующие характеристики. Поэтому при проверке отдельных реле нужно проверять и трансформаторы тока, к которым эти реле присоединены. Один из пунктов проверки трансформаторов тока - снятие вольт-амперной характеристики.

Вольт-амперная характеристика трансформатора (характеристика намагничивания) - это зависимость напряжения на вторичной обмотке  $U_2$  от тока

намагничивания при разомкнутой цепи первичной обмотки, т.е. (рис. 1).

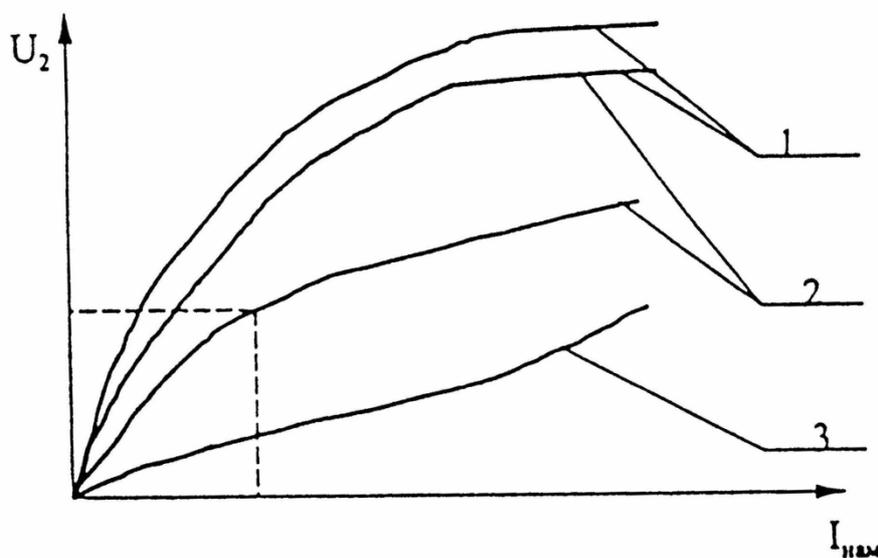


Рис. 1. Вольт-амперные характеристики трансформаторов тока:

1, 2, 3 – соответственно однотипные, разнотипные и с короткозамкнутыми витками

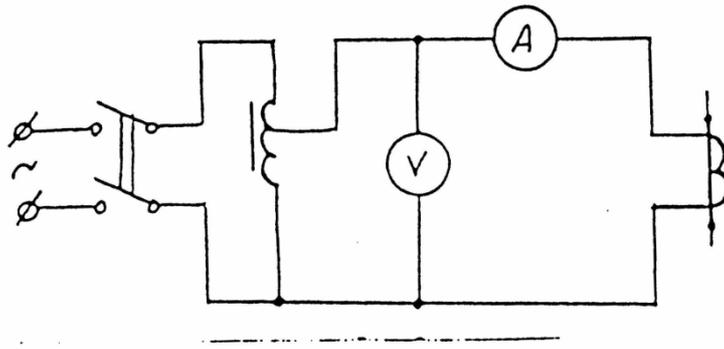


Рис. 2. Схема исследования трансформаторов тока

Вольт-амперные характеристики нужно снимать (рис. 2) по рабочему коэффициенту трансформации к величине тока

(1)

**$K_{10}$**

где - предельная кратность при фактической вторичной нагрузке трансформатора тока (может быть найдена по кривым предельных кратностей).

На рис. 3 приведены наиболее распространенные схемы соединений вторичных обмоток ТА.

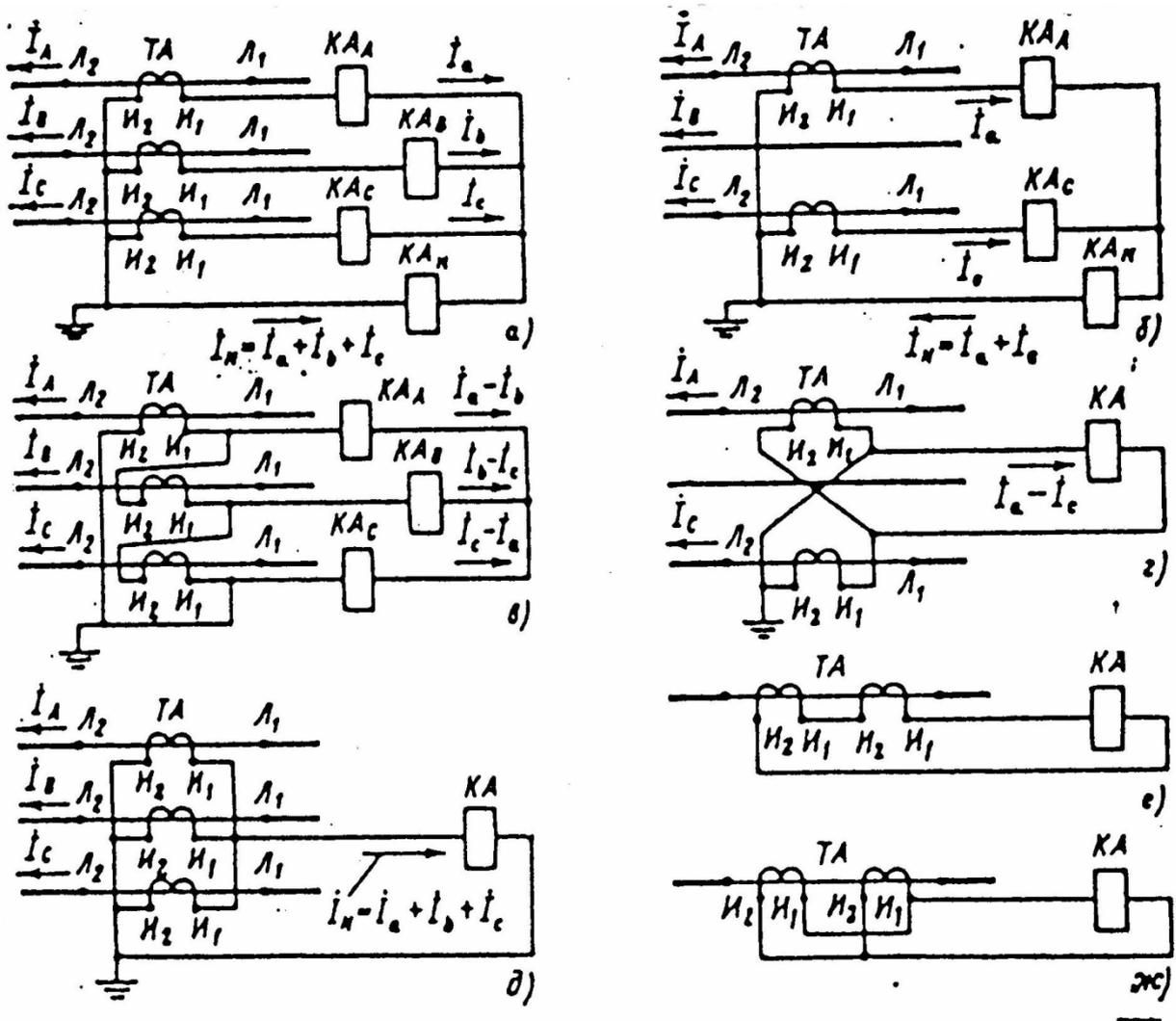


Рис. 3. Схемы соединения трансформаторов тока

На рис. 3,а показана схема соединения ТА и реле тока КА в звезду. В каждой фазе установлены трансформаторы и реле. В нулевом проводнике в нормальном режиме через реле КАН протекает ток небаланса, обусловленный погрешностью и разницей вольт - амперных характеристик трансформаторов тока. При обрыве нулевого проводника в обмотках реле протекают незначительные и недостаточные для срабатывания реле токи, поскольку они замыкаются через обмотки трансформаторов, сопротивление которых немного больше, чем сопротивление обмоток реле. Поэтому эксплуатация такой схемы без нулевого проводника недопустима. Реле КАН присоединен на ток нулевой последовательности и используется как измерительный орган защиты от коротких замыканий на землю.

На рис.3,б указана схема соединения трансформаторов тока в неполную звезду. Такая схема нечувствительна к однофазным КЗ на землю в фазе В, поскольку в этой фазе отсутствует трансформатор тока. Поэтому она применяется

только для защиты от между фазных КЗ, особенно в сетях с изолированной нейтралью. В нулевом проводнике, даже в нормальном режиме, протекает геометрическая сумма фазных токов  $I_a$  и  $I_c$ . Эксплуатация данной схемы без нулевого проводника, как и в предыдущем случае, недопустима. Без реле КАН чувствительность схемы неодинакова для разных видов КЗ (в КЗ между фазами А и С чувствительность схемы в два раза выше, чем в КЗ между фазами А и В или В и С). Вот почему для улучшения чувствительности схемы в нулевой проводник подключается реле КАН. Коэффициент этой и предыдущей схемы . Коэффициент

$K_{ск}$

схемы - это отношение тока в реле к вторичному току трансформатора в систематическом режиме.

На рис. 3,г показана схема присоединения КА на разность токов двух фаз  $I_a - I_c$ . Она используется для защиты от меж фазных КЗ в однорелейном исполнении. Чувствительность схемы при различных КЗ разная. Коэффициент этой схемы

; на рис. 3,в приведена схема соединений трансформаторов тока в треугольник. Такая схема применяется для выполнения продольно-дифференциальной защиты силовых трансформаторов, когда необходимо компенсировать смещение одноименных фаз токов силового трансформатора при соединении его обмоток звезда-треугольник.. Коэффициент этой схемы

; на рис.3,д схема соединений трансформаторов тока в фильтр тока нулевой последовательности. По реле КА будет протекать ток, пропорциональный току нулевой последовательности, и небольшой ток небаланса  $\delta I$  т.е.

$$I_p = 3I_0 + \delta I = I_a + I_b + I_c + \delta I .$$

Для уменьшения токов нагрузки трансформаторов тока применяют схемы с последовательным соединением двух трансформаторов тока (рис. 3,е). При этом

нагрузку каждого трансформатора тока можно увеличивать в два раза, так как ЭДС вторичных обмоток суммируются.

Для получения нестандартных коэффициентов трансформации используют параллельное соединение трансформаторов тока (рис. 3, ж). Следует помнить, что при таком соединении в два раза уменьшается коэффициент трансформации

$K_T$

трансформатора тока, а нагрузка на каждой из них увеличивается в два раза. Такая схема соединений встречается редко.

## ПЛАН РАБОТЫ

1. Ознакомиться с устройством (рис. 2) для снятия вольт-амперных характеристик трансформаторов тока; записать паспортные данные каждого трансформатора.

2. Снять вольт-амперную характеристику для двух стержней трансформатора. Результаты измерений (10-12 точек) занести в табл.1.

Таблица 1

Вторичное напряжение $U_2$ , В	
Ток намагничивания, А	

По данным табл.1 построить кривые  $U_2 = f(I_{\text{нам}})$ .

*Примечание.* Перед снятием вольт-амперной характеристики трансформатора его нужно размагнитить плавным поднятием и снижением напряжения до нуля (3-4 раза), после снятия характеристики трансформатор также требует размагничивания.

3. Сравнить полученные характеристики с заводскими (или снятыми ранее), сделать выводы об однотипности трансформаторов тока.

4. По известным нагрузкам на вторичную обмотку  $Z_H$  определить погрешности трансформатора тока к обмоткам разного класса.

5. Собрать две заданные преподавателем схемы соединения вторичных обмоток трансформаторов тока, подключенных к высокой и низкой сторон силового трансформатора Т ( рис. 4).

*ВНИМАНИЕ! Не допускается включать схему в сеть при наличии разомкнутых вторичных обмоток трансформатора тока. Если в данной схеме они не используются, то их вторичные обмотки необходимо замкнуть накоротко и заземлены.*

6. Для всех видов КЗ на низкой стороне силового трансформатора: определить токораспределения в заданных схемах. При этом необходимо измерить токи на высокой и низкой сторонам силового трансформатора, токи в реле. Результаты измерений занести в табл. 2. Имитация различных видов КЗ выполняется выключателями SF<sub>1</sub>-SF<sub>3</sub> (рис. 4).

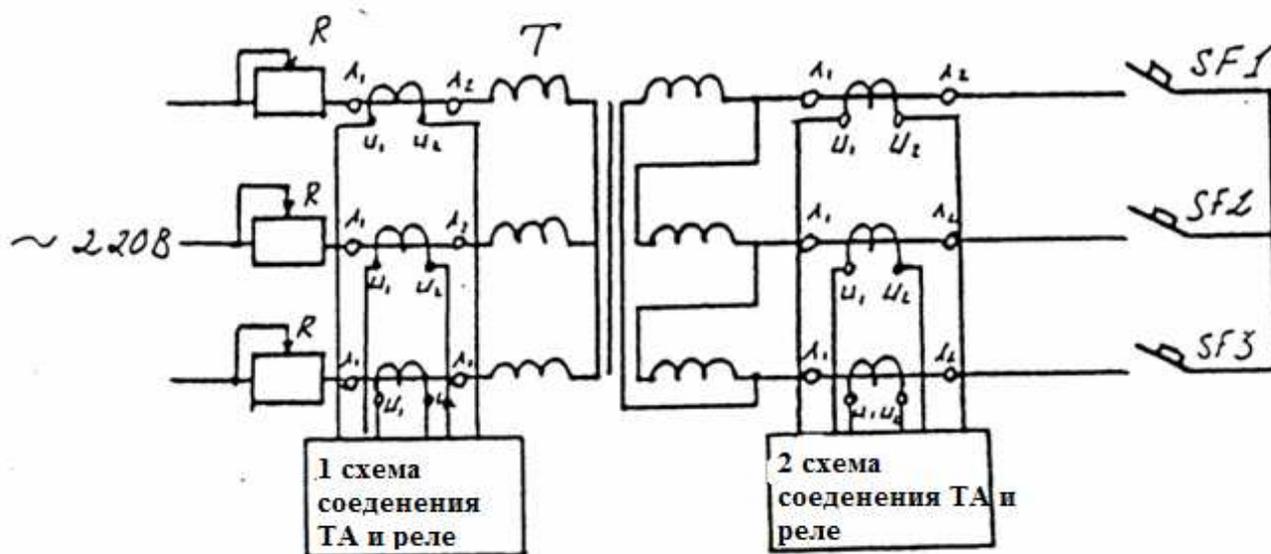


Рис.4. Схема для проведения опытов

Таблица 2

Вид КЗ	Высокая сторона трансформатора Т						Низкая сторона трансформатора Т						Токи в реле к схемы 1			Токи в реле к схемы 2				
	I	φ	I	φ	I	φ	I	φ	I	φ	I	φ	I	φ	I	φ	I	φ	I	φ
	A	B	C	CA	AB	BC	pa	pb	pc	pa	pb	pc								
3 <sup>x</sup> φ																				
2 <sup>x</sup> φ.АВ																				

2 <sup>x</sup> ф.BC												
2 <sup>x</sup> ф.AC												

*Примечание.* Измерение осуществлять прибором ВАФ-85-М1. При измерении тока по величине тумблера на лицевой панели прибора необходимо переключить в положение “ величина ”, переключатель предела измерения установить в положение 10 А (при необходимости переключить в положение 5А). Токоизмерительными клещами охватить проводник, ток в котором мы хотим измерить, направление тока согласовать со звездой на корпусе клещей. Для измерения фазы тока к прибору необходимо подвести симметричное трехфазное напряжение 220 В от независимого источника питания, а переключатель на передней панели прибора переключить в положение “фаза”. Для фиксации фазы тока необходимо, вращая вручную лимб, установить стрелку прибора на 0. При этом направление движения стрелки к нулю должно совпадать с направлением движения лимба. После установки стрелки на 0 напротив белой черточки прочесть из лимба значение фазы измеряемого тока. Если значение фазы лежит в секторе с пометкой “С”, то его необходимо принимать со знаком “-”, если с пометкой “L”, то – со знаком “+”.

7. По результатам измерений построить векторные диаграммы вторичных токов в исследуемой схеме при всех видах КЗ и определить коэффициент схемы.

### СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

- Название, цель, и план работы.
- Схемы соединений вторичных обмоток трансформаторов тока и реле.
- Таблицы для записи результатов исследований.
- Необходимые расчеты и выводы относительно целесообразности использования рассмотренных схем.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. С какой целью заземляются вторичные цепи трансформаторов тока?
2. Для чего трансформаторы тока соединяются параллельно и последовательно?

3. Для чего необходимо кривые предельной кратности  $K_{10}=f(Z_H)$ ?
4. Каким образом при помощи трех трансформаторов тока можно создать фильтр тока нулевой последовательности?
5. Назначение нулевого проводника в схемах полной и неполной звезды.
6. В каком режиме работают трансформаторы тока?
7. Что такое коэффициент схемы?
8. Почему нельзя размыкать вторичную обмотку трансформатора тока под нагрузкой?
9. Для чего снимают вольт-амперные характеристики трансформаторов тока?

#### СЛОВАРЬ ПЕРЕВОДА ТЕХНИЧЕСКИХ ТЕРМИНОВ НА АНГЛИСКИЙ ЯЗЫК

измерительные преобразователи синусоидального тока	measuring converters of sinusoidal current
релейная защита	relay protection
автоматика	automatic equipment
электрооборудование	electrical equipment
электротехнологии	electrotechnologies
схемы соединения	connection circuit
трансформатор тока	current transformer
бесперебойная работа	smooth operation
вольт- амперная характеристика	volt ampere characteristic
характеристика намагничивания	magnetization characteristic
вторичная обмотка	secondary winding
разомкнутая цепь	open-ended circuit
первичная обмотка	primary winding
коэффициент трансформации	transformation ratio
нулевой проводник	zero conductor
сопротивление	resistance
замыкание на землю	ground fault
изолированная нейтраль	isolated neutral
трехфазное напряжение	three-phase tension

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чернобровов Н.В. Релейная защита. – М.: Энергия, 1971. – 615с.

2. Барзам А.Б., Пояркова Т.М. Лабораторные работы по релейной защите и автоматике. – М.: Энергоатомиздат, 1984. – 253с.

Составители:

В. Д. Трифонов, профессор

А.Р. Ковалёв ст. препод.

Д. В. Трифонов, доцент

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ВЫПОЛНЕНИЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ  
ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ РЗ - 3  
«Исследование работы измерительных  
преобразователей синусоидального тока »

По дисциплине «Основы релейной защиты и автоматики»  
для студентов направления подготовки 6.050701 «Электротехника и  
электротехнологии»

Печатается в редакции составителя

Подписано к печати 01.03.09. Формат 30 х 42/4.  
Бумага Rollux. Ризография Условн. пич. лист 1,2.  
Учетно-изд. лист 1,2. Тираж 30 прим. Зам. №

Бесплатно

Кафедра систем электроснабжения

ДВУГ НГУ  
49027, г.Днепропетровск -27, просп.К.Маркса,19.