

ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ВАРНА

А. М. ВРАНГОВ

Т. С. ИВАНОВ

**ЛАБОРАТОРНИ
УПРАЖНЕНИЯ**

ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЧАСТ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ЦЕНТРАЛИ И ПОДСТАНЦИИ

РЪКОВОДСТВО

**ВАРНА
2008**

ПРЕДГОВОР

Лаборатория “Електрически централи и подстанции” в катедра “Електроенергетика” на Технически университет – Варна е изградена като учебен комплекс, представляващ физически модел на електрическа централа с два синхронни генератора, агрегати за собствени нужди, подстанция с комплексен товар и закрыта разпределителна уредба за средно напрежение. Използвани са реални електрически апарати в главните схеми и веригите за управление, измерване, автоматизация, защита, блокировка и сигнализация.

Целта на лабораторните работи е да се изучат конструктивните особености и характеристики на електрическите съоръжения, да се усвоят правилата за управление на основните електрически апарати в първичните и спомагателните вериги, да се разкрият най-важните регламентирани дейности, осигуряващи поддържането на електрическите уредби в работоспособно състояние, да се извършат експериментални изследвания и се анализират основни технически параметри и да се задълбочат и разширят теоретичните знания получени в лекционните курсове по учебните дисциплини: - “Електрическа част на електрически централи и подстанции”, “Собствени нужди на електрически централи”, “Дистанционно управление в електроенергийните системи”, “Оперативно управление в електроенергийните системи” и “Електроенергетика”.

Организацията на учебния процес в лабораторията е насочена към активизиране на самостоятелната работа на студентите при постоянен контрол на водещия преподавател. Методичните указания са написани така, че да подпомагат индивидуалната подготовка на обучаваните особено в разделите от лекционните курсове, които са разработени кратко.

Всяко упражнение има дефинирана цел, а в началото му са дадени общи указания имащи теоретичен характер, в които са изложени понятия, кратки характеристики, основни зависимости и постановки за разглеждане. Задължително условие за успешно изпълнение на програмата на лабораторните упражнения е предварителната извънаудиторна подготовка.

Дейността в лабораторията предполага работата с електрическите съоръжения на изпитвателните уредби, а също използване на допълнителни методични и технически средства като образци на апарати, справочни материали, чертежи, схеми и др. Освен практическото обучение за формиране на умения при изпитвания, настройки и експлоатация на основни електроенергийни съоръжения и уредби чрез лабораторната база се осъществява и запознаване със специфичните изисквания на нормативните документи, чието спазване е задължително при извършване на дейности в електрическите централи и подстанции.

Към лабораторните упражнения са дадени задачи, програма и указания, предвидени за изпълнение в три академични часа. Отчета за всяко проведено упражнение трябва да съдържа текстова и графична част, в съответствие с посочените основни изисквания и да завършва с изводи.

Учебният лабораторен комплекс може да се използва и за учебно – квалификационни или научно – изследователски работи в областта на електроенергетиката.

Настоящото трето издание на ръководството е изцяло преработено като е променена структурата на изложението и са отчетени настъпилите изменения в електрическите схеми, наличните нови съоръжения в лабораторията и промените в учебните програми. Включени са три нови упражнения. Упражнения 1, 2 и 10 са разработени и написани от доц. д-р инж. Т. Иванов, а останалите, както и цялостната редакция на методичните указания – от гл. ас. д-р инж. А. Врангов. При подготовката на учебното помагало е използван многогодишния опит в практичските лабораторни работи на преподавателите от катедра “Електроенергетика”, а също и методични разработки от различни години. Заедно с това ръководството се различава от предишни издания както в методичен план, така и по съдържание.

Авторите изказват благодарността си на проф. д.т.н. инж. мат. К. Герасимов и на доц. д-р инж. Ст. Андреев за съдействието при предварителното обсъждане на съдържанието и структурата на ръководството, задълбоченото рецензиране и направените препоръки, отразени при окончателното редактиране на материалите.

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 1

ОРГАНИЗАЦИЯ ЗА БЕЗОПАСНОСТ ПРИ РАБОТА, УСТРОЙСТВО И ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА ЛАБОРАТОРИЯ “ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ЦЕНТРАЛИ И ПОДСТАНЦИИ”

I. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

Запознаване с основните изисквания към лицата извършващи лабораторни упражнения, организацията за безопасност при работа с главната и спомагателните електрически схеми и правилата за експлоатация и оперативни превключвания в лаборатория “Електрически централи и подстанции”.

II. ОРГАНИЗАЦИЯ ЗА БЕЗОПАСНОСТ ПРИ ЛАБОРАТОРНИ РАБОТИ

Лаборатория "Електрически централи и подстанции" е действаща електрическа уредба, която се намира напълно или частично под напрежение, или на която във всеки момент може да бъде подадено напрежение. При извършване на лабораторни, изследователски или ремонтни дейности в лабораторията, са задължителни за изпълнение изискванията на действащите документи за експлоатация на електрически уредби и съоръжения [1, 2, 3].

С цел придобиване на знания, умения и навици за безопасна работа в лабораторията, студентите преминават първоначално обучение по програмите на първите две упражнения. Длъжностните лица, които обслужват оперативно лабораторните уредби и ръководят работите при провеждане на упражненията са преподавател, който организира и провежда учебните лабораторни работи и студенти, изпълняващи по график длъжностите - отговорен ръководител, главен дежурен, помощник дежурен и изпълнител на работата.

1. Ръководител на упражнението (преподавател). Създава предварителна организация за провеждане на упражненията, обявява тематиката на упражненията, графика за дежурствата и състава на дежурните и работните групи, проверява подготовката на студентите за упражненията, осъществява общ контрол за спазване на вътрешния ред и изискванията за безопасна работа, оказва съдействие за справяне с непредвидени ситуации. Има право да отстрани студентите, които са неподготвени или нарушават правилата за безопасност, да разпорежда на дежурните и отговорния ръководител да извършват при необходимост оперативни превключвания за предотвратяване на злополуки и повреди по съоръженията.

2. Отговорен ръководител (студент), който има не по-ниска от IV квалификационна група. Издава наряд за провежданото лабораторно упражнение и отговаря за достатъчността на предвидените мерки по безопасността, за съответствието на квалификацията на отговорника (изпълнител) и членовете на работната група, за правилната подготовка на работното място и точността на изпълнените мерки по безопасността, вписани в наряда. Участва

в допускането на групата до работното място и контролира спазването на изискванията за безопасна работа в хода на упражненията.

3. Главен дежурен (студент), който трябва да има не по-ниска от IV квалификационна група. Ръководи и участва в оперативното обслужване на лабораторията. Отговаря за правилното и пълно изпълнение на всички необходими за допускане до работа мерки по безопасността, за тяхната достатъчност и съответствието им с предписаните в наряда. Ръководи изключванията, дава разрешение за започване на работа и оформя първичните документи - дневници, наряди, бланки и др.

4. Помощник дежурен (студент), който има не по-ниска от III квалификационна група. Участва в обслужването на лабораторията и изпълнява разпореденията на главния дежурен. Отговаря за правилното изпълнение и достатъчността на манипулациите при подготовка на работното място и участва в оформянето на първичните документи.

5. Изпълнител на работата (студент) е отговорник на работна група и трябва да има не по-ниска от IV квалификационна група. Необходимо е да притежава достатъчно технически знания и да познава специфичните правила за безопасна работа, които се прилагат при изпълнение на упражнението. След приемане на работното място отговаря за правилната му подготовка, за пълното и безопасно изпълнение на програмата на упражнението. Задължен е да не допуска разместване или сваляне на заземителите, табелките и огражденията на работното място.

Всеки студент от специализирана работна група трябва да има не по-ниска от III квалификационна група и е задължен предварително да усвои и спазва техническите знания и правилата за безопасна работа, приложими при изпълнение на конкретното упражнение.

Оперативното обслужване на лабораторията се осъществява от оперативния персонал състоящ се от две лица - главен дежурен и помощник дежурен. Преди започване на упражнението дежурните приемат всички дневници, инструкции, измервателни апарати, инструменти и ключовете от лабораторните уредби. Запознават се със записите за оперативна работа от предходното упражнение и с разпореденията на отговорника на лабораторията, записани в съответните дневници и правят преглед на състоянието на лабораторията.

Приемането на лабораторията и годността ѝ за провеждане на упражнението се потвърждава с подписите на оперативните дежурни и ръководителя на упражнението в оперативния дневник.

След завършване на лабораторните упражнения електрическите уредби трябва да са възстановени в изходно състояние, измервателните апарати, инструментите, индивидуалните предпазни средства, всички дневници, ведомости, ключове и др. да са прибрани и поставени на определените места.

Ръководителят на упражнението проверява изпълнението на посочените изисквания и приема лабораторията от главният дежурен, след което оперативният персонал може да напусне.

Оперативните превключвания в лабораторията по време на упражнения се извършват само от дежурните, след като са приели дежурството и са се подписали в оперативния дневник. При необходимост (неправилна манипулация, нарушаване на правилата за безопасна работа и др.) ръководителят на упражнението може да отстрани дежурните и да извършва оперативни превключвания.

При извършване на оперативни превключвания, контролиращ е главният дежурен, който едновременно с това ръководи и цялата дейност по превключването. За да не бъде засегнат от последиците на неправилна манипулация (обгаряне от електрическа дъга, попадане под напрежение и др.), и за да окаже бърза помощ на допусналия грешка помощник дежурен, главният дежурен не трябва да е в непосредствена близост до него. Например при изключване на разединител, главният дежурен трябва да е встрани от помощник дежурния на разстояние 1 до 1,5 метра. Освен правилността на манипулациите, главният дежурен следи и за безопасността на помощник дежурния.

Помощник дежурният трябва да знае целта и последователността на манипулациите на оперативното превключване, което ще извършва. Посложните оперативни превключвания се извършват с бланки, попълването, проверката и изпълнението, на които са описани в упражнението 2.

Дежурните нямат право без знанието на отговорния ръководител и на изпълнителите на работата да внасят изменение в схемата, които променят условията за безопасност при работа.

Издадените разпоредения от ръководителя на упражнението за оперативни превключвания са задължителни за изпълнение, ако не противоречат на изискванията за безопасна работа. Получилият разпореденето го повтаря и след като му се потвърди, че го е разбрал правилно, пристъпва към изпълнение. Разпореденето се счита за изпълнено, след като е докладвано за извършването му. Оперативният персонал обхожда периодично лабораторията и прави преглед на съоръженията.

Описаната организация за работа в учебната лаборатория съответства на изискванията на "Правилник за безопасност при работа в електрически уредби..." [1] и се прилага за лабораторни упражнения в действащата уредба, планирани с продължителност от 3 или 4 учебни часа. При по-малко време съгласно учебната програма и разписа на занятията, лабораторните работи се провеждат без подаване на напрежение към уредбите за високо напрежение. В този случай ръководителят на упражнението разяснява необходимата организация за безопасна работа, а студентите спазват конкретните указания, които не противоречат на разгледаните основни правила.

III. УСТРОЙСТВО НА ЛАБОРАТОРИЯ "ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ЦЕНТРАЛИ И ПОДСТАНЦИИ"

Лабораторният комплекс е изграден като физически модел на електрическа централа с два синхронни генератора, машинни агрегати за собствени нужди, двутрансформаторна подстанция с комплексен товар и закрыта разпределителна уредба от класически тип за средно напрежение. При провеждане на лабораторни работи работното напрежение е 0,4 kV.

Основните електрически схеми в лабораторията са първична (главна) схема, схема за захранване на лабораторните маси и схеми за постоянно и променливо оперативно напрежение. Действието им се осигурява от вторични схеми за индивидуално управление, контрол и сигнализация на присъединенията и веригите и от централни (общи) защитни и сигнални уредби.

На фиг. 1 е показана първичната еднолинейна електрическа схема на лабораторията. С удебелена линия е изобразена реализираната единична шинната система, секционирана чрез секционни вериги на три секции.

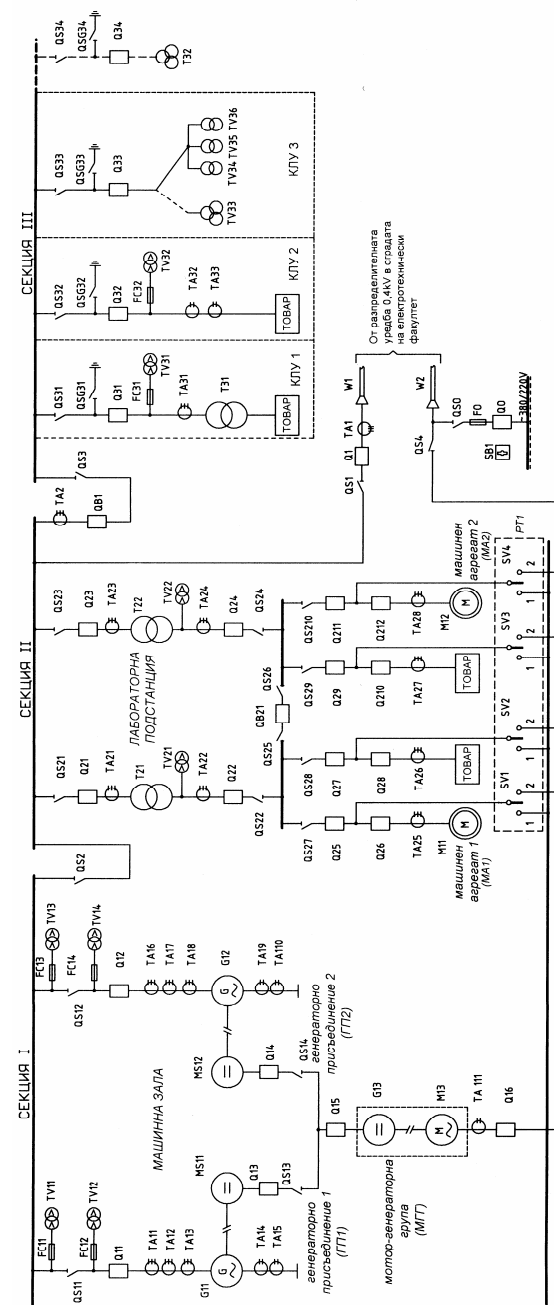
Към секция I са свързани две генераторни присъединения (ГП1, ГП2) и разпределително табло 1 (PT1). Чрез ръчни превключватели SV1, SV2, SV3, SV4, разположени в табло PT1 може да се избере захранващ източник на машинните агрегати (МА1 и МА2) и другите товари. Възможни са вариантни схеми за захранване на потребителите след превключване: - от електроенергийната система чрез кабелните линии W1 или W2; от генераторите G11 и G12 на учебната централа; от трансформаторите T21 и T22 на лабораторната подстанция.

От разпределителната уредба ниско напрежение в сградата на електротехническия факултет, чрез кабелната линия W1, свързана към секция II се получава основното захранване на лабораторията. Към секция II е присъединена и лабораторната понижаваща подстанция.

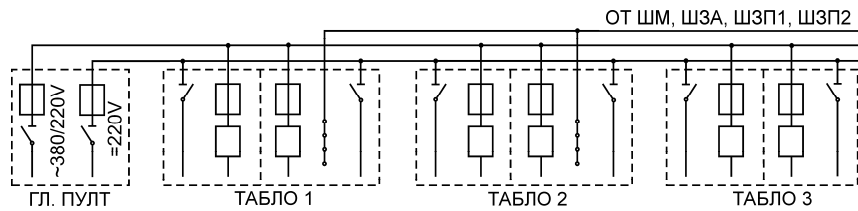
От секция III са захранени комплектни лабораторни уредби КЛУ1, КЛУ2, КЛУ3 и е предвидена възможност за присъединяване на силовия тринамотъчен трансформатор T32.

Захранването на лабораторните маси (фиг. 2) се осъществява от три еднотипни табла (по едно за две маси), всяко от които има две полета с огледално разположени изводни клеми и контакти за присъединяване на потребители на постоянно и променливо напрежение. На табло 1 и 2 са монтирани изводни клеми от шинки "мигане" (ШМ), "звукова аварийна" (ШЗА), "звукова предупредителна 1 и 2" (ШЗП1 и ШЗП2). За включване, изключване, защита и сигнализация на състоянието към изводните вериги са монтирани ключове, бутони, предпазители, контактори и сигнални лампи.

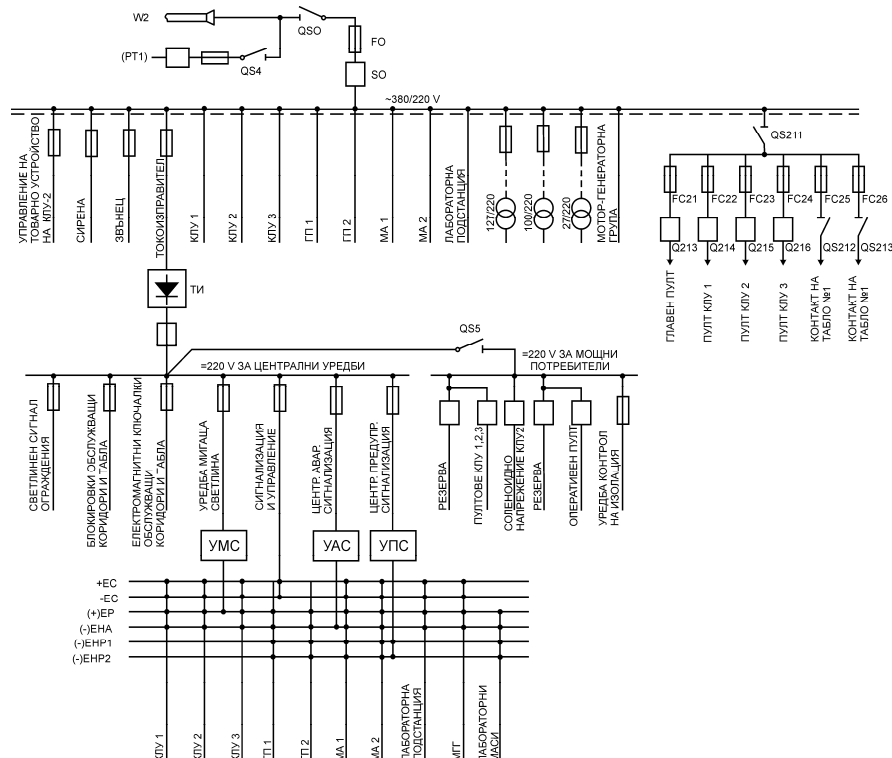
На фиг. 3 са показани еднолинейните схеми за променливо (~380/220V) и за постоянно (=220 V) оперативно напрежение, разделени на две секции.



Фиг. 1. Първична електрическа схема на лаборатория "Електрически централи и подстанции."



Фиг. 2. Схема за захранване на лабораторни маси



Фиг. 3. Схеми за постоянно и променливо оперативно напрежение

Чрез самостоятелна кабелна линия W2 от разпределителната уредба ниско напрежение на сградата са захранени шинки ~380/220 V. Те осигуряват променливо оперативно напрежение към всички потребители в лабораторията, захранване на мощен токоизправител (ТИ) и групов извод за захранване на спомагателни потребители.

От токоизправителя получават напрежение шинки = 220 V, разделени на две секции. Към секцията за централни уредби са присъединени линии за светлинни сигнализации, за електрически блокировки, за сигнализация и управление, уредба за мигаща светлина (УМС), уредба за аварийна сигнализация (УАС), уредба за предупредителна сигнализация (УПС). С разединител QS211 се подава променливо напрежение на груповия извод, от който чрез радиални присъединения се захранват главния пулт и пултовете на комплектните лабораторни уредби КЛУ1, КЛУ2, КЛУ3. Всички шинки на фиг. 3 са означени с международно приети буквено – цифрени кодове: шинките за управление са +ЕС и –ЕС, за мигаща светлина (+)EP, за звукова аварийна сигнализация (-)ЕНА; за звукова предупредителна сигнализация (-)ЕНР1 и за изпробване на светещите надписи към предупредителната сигнализация (-)ЕНР2.

От шинки ~380/220 V, +ЕС, –ЕС, (+)EP, (-)ЕНА, (-)ЕНР1 и (-)ЕНР2 са направени радиални изводи към комплектни лабораторни уредби КЛУ1, КЛУ2, КЛУ3, присъединенията на синхронните генератори (ГП1 и ГП2), машинните агрегати (МА1 и МА2), лабораторната подстанция, мотор-генераторната група (МГГ) и лабораторните маси. Главният пулт и пултовете на КЛУ1, КЛУ2, КЛУ3 са захранени с постоянно напрежение =220 V от секцията за мощни потребители.

Централните сигнализации известяват за възникнали аварийни и ненормални режими на работа, за състоянието на първичните и вторичните схеми и за опасностите в лабораторията. Защитните уредби блокират и не разрешават извършването на неправилни манипулации.

При изключване на прекъсвачите от релейна защита, автоматика или блокировка се формира звуков сигнал с рязка тоналност (сирена), който привлича вниманието на обслужващия персонал. В същото време индивидуален светлинен сигнал (мигаща сигнална лампа) показва кой е аварийно изключил прекъсвач. Спирането на аварийната сигнализация се осъществява в следната последователност: - осъществява се съответствие между положението на ключа за управление и състоянието на прекъсвача (мигащата сигнална лампа светва постоянно при "светла схема" или изгасва при "тъмна схема"), след което се натиска бутон "изключено" на таблото за оперативно напрежение. Сигнализацията се изпробва с натискане на бутон за аварийна сигнализация "включено" и след известно време – бутон "изключено".

При нарушаване на някои режимни параметри или възникване на неизправности (напр. при претоварване на генератори и трансформатори, земни съединения и др.) се получава звуков сигнал с приглушена тоналност (звънец), който привлича вниманието на обслужващия персонал. Същевременно индивидуален светлинен надпис определя мястото и характера на възникналата ситуация. Сигналът се спира след възстановяване на нормалния

режим на работа и натискане на бутон "изключено" на таблото за оперативно напрежение. Предупредителната звукова сигнализация се изпробва с бутони "включено" и "изключено", а светлинните надписи – чрез ключ "предупредителна светлинна сигнализация" от таблото за оперативно напрежение.

При несъответствие между положението на който и да е ключ за управление и състоянието на прекъсвача се задейства централно устройство за мигаща светлина. Сигналната лампа с мигаща светлина, показва прекъсвача, който е в положение на несъответствие с ключа за управление. Изпробването на уредбата се извършва със завъртане на ключ "устройство за мигаща светлина" на таблото за оперативно напрежение.

Към подвижните ограждения на КЛУ, обслужващия коридор, към задвижванията на шинните и заземителните разединители на уредбите са монтирани електромагнитни ключалки. Когато не е спазена правилната последователност на работа при оперативни превключвания, тези ключалки блокират извършването на грешна манипулация (отваряне, включване, изключване). Задействането им се осъществява със специална електромагнитна бобина – ключ, само при спазване на изискванията за правилно поредно извършване на манипулациите.

Чрез аварийни бутони при необходимост се изключва едновременно силовото и оперативното напрежение в лабораторията.

Включването и изключването на прекъсвачите се извършва дистанционно с индивидуални ключове за управление без фиксирани положения (тип УП) или с фиксирани положения и самовъзврат (тип SM2) или с бутони. При ключове тип УП или бутони за управление се прилага двулампова схема за сигнализация на положението на прекъсвача. Схемата се нарича "светла", защото винаги свети една лампа: зелена – при изключен прекъсвач, или червена – при включен прекъсвач. Несъответствието между положението на ключа и на прекъсвача се сигнализира с мигаща светлина на лампата, показваща действителното състояние на прекъсвача. След възстановяване на съответствието, "мигащата" лампа свети с постоянна светлина. В ключове тип SM2 една лампа е монтирана в ръкохватката, а схемата за светлинна сигнализация е еднолампова, "тъмна". В нормално състояние лампата не свети, а при несъответствие между положението на ключа и на прекъсвача свети с мигаща светлина. "Мигането" се прекратява след възстановяване на съответствието между положението на ключа за управление и прекъсвача.

Разединителите на присъединенията са с ръчно лостово задвижване. За сигнализация на състоянието им (включени или изключени) се използват магнитни показатели (МП). Котвата на МП завършва с видима част състояща се от бял кръг с черна ивица. При включен разединител, котвата се завърта и черната ивица заема вертикално положение, а при изключен разединител –

хоризонтално положение. Когато липсва оперативно напрежение, котвата е в неутрална позиция, а ивицата е наклонена под 45° спрямо вертикалната ос.

Всички масивни метални конструкции и корпусите на съоръженията са свързани със заземителната шина на лабораторията, която е съединена чрез заварка към заземителната инсталация на сградата. Връзката е видима, с меден многожичен неизолиран проводник или стоманена шина.

Металните нетоководещи части на потребителите за напрежение ~380/220 са свързани с нулевия проводник, присъединен към звездния център на трансформатора, който захранва разпределителна уредба ниско напрежение на електротехническият факултет.

Защитните средства са уреди, апарати, приспособления и облекла, които имат за цел да предпазват персонала на лабораторията от поражение от електрически ток, от действието на електрическата дъга, от продуктите на нейното горене и от други вредни и опасни действия.

IV. ПРОГРАМА И УКАЗАНИЯ ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА УПРАЖНЕНИЕТО

Първото упражнение се провежда без предварителна извънаудиторна подготовка, при стриктно спазване на инструктивните указания, които се дават от ръководителя. Ръководителят на упражнението запознава студентите с основните положения на организацията за провеждане на упражненията, след което те се подписват в книгата за инструктаж. Всеки студент разглежда и се запознава с основните схеми и устройства на лабораторията. Придобива се информация за пространственото и електрическото разположение на съставните уредби, като се цели най-голяма степен на еднозначност при даване на разпореждания и изпълнението им, свързани с обслужването на лабораторния комплекс.

1. Първична схема

Разглежда се конструктивното изпълнение на първичната схема – пространствено разположение на секциите на шинната система и на секционните връзки, компоновка на присъединенията към шинната система, комутационни апарати и начини за управлението им, стационарни безопасяващи средства и техника за безопасно обслужване.

2. Главно табло

Разглеждат се трите секции, съставлящи главното табло на лабораторията, при което се проследява мнемоничната схема, особеностите на комутационните апарати и начините за управлението им, схемите за променливо и постоянно оперативно напрежение, централните сигнализации и изпробването им, измервателните прибори и контролираните величини.

3. Главен пулт и хранване на лабораторни маси

Изучават се особеностите и обслужването на мнемоничната схема на главния пулт и светлинната сигнализация, която е вградена в нея, изводите и таблата за постоянно и променливо напрежение за лабораторните маси, сигнализацията и комутационната апаратура към тях.

4. Защитни средства в лабораторията

Всеки студент се запознава със защитните средства в лабораторията - указател за напрежение, състояние, маркировка за годност и начин за употреба на диелектрични ръкавици и боти, приспособления за присъединяване на преносими заземители и видове предпазни табелки.

5. Основни манипулации при оперативно обслужване

Под наблюдението на ръководителя на упражнението всеки студент извършва манипулации за включване и изключване на оперативно напрежение към главното табло, на първично напрежение към секция II и към секция III, на шинен и заземителен разединител към комплектна лабораторна уредба. Манипулациите по първичната схема се извършват с индивидуални предпазни средства, след деблокиране на електромагнитните ключалки. Всеки студент изпробва и се запознава с действието на централните сигнализации и на електромагнитните ключалки и блокировки на подвижните ограждения и осъществява включване и изключване на прекъсвачи с ключове за управление тип УП и тип SM2.

6. Писмен отчет

Всеки студент оформя протокол, в който описва накратко организацията на работа в лабораторията и устройството ѝ. Протоколът се защитава в началото на следващото упражнение.

V. КОНТРОЛНИ ВЪПРОСИ

1. Нормативни документи регламентиращи организацията на работа и обслужване на лаборатория "Електрически централи и подстанции" ?
2. Основни изисквания към длъжностните лица и задълженията им за осигуряване на безопасна работа в лабораторията?
3. Конструктивни и електрически особености, обща характеристика на първичната електрическа схема и правила за обслужването ѝ ?
4. Видове централни сигнализации, защитни и блокиращи уредби и регламентирано обслужване в нормален режим и след зареждането им?
5. Схеми за постоянно и променливо оперативно напрежение, характерни особености и обслужване?
6. Начини за управление на прекъсвачите и разединителите и взаимни блокировки помежду им?

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 2

ОПЕРАТИВНО ОБСЛУЖВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ УРЕДБИ

I. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

Запознаване със съдържанието и последователността на основните организационни и технически мерки, изпълнявани от персонала, който ръководи, контролира или извършва работи по техническото или оперативното обслужване на електрически уредби и мрежи, чрез които се осигуряват безопасни условия на труд.

II. ОРГАНИЗАЦИОННИ МЕРКИ ЗА БЕЗОПАСНОСТ ПРИ РАБОТА

В лаборатория "Електрически централи и подстанции", която като действаща електрическа уредба се намира напълно или частично под напрежение, или на която във всеки момент може да бъде подадено напрежение е възприет установеният в електроенергийната система (ЕЕС) ред за извършване на работи/дейности. Този подход е целесъобразен за усвояване от студентите на задължителните за изпълнение изисквания на нормативните документи, осигуряващи безопасна експлоатация на електрически уредби и мрежи [1, 2, 3]. Опитът показва, че завършилите електроинженери се адаптират по-успешно към конкретните условия в реалната ЕЕС, когато още в началото на учебната практическа работа се научат безусловно да спазват безопасните методи на работа. В настоящото упражнение се провежда съкратено обучение и илюстративен изпит за придобиване на минимална квалификационна група за безопасност при работа в електрически уредби и мрежи.

Организацията за осигуряване на безопасност при работата в електрическите уредби и мрежи обхваща: - определяне на лица, отговорни за безопасното извършване на определена работа, издаване на наряд или нареждане за възлагане извършването на работата и оформяне на предвидените по тях процедури, документиране на мерките по безопасността в дневници, наряди, бланки за превключване и др., по определени образци.

Оформяне на наряд за работа

Нарядът е писмено нареждане за работа в електрически уредби, с което се определя видът на работата, мястото, времето за започване и завършване, условията за извършване на работа, съставът на бригадата и лицата отговорни за безопасността на труда.

В приложението е показан образец на наряда, съответстващ на изискванията за безопасна организация на работа в лабораторията.

Нарядът се написва ясно и четливо, без поправки и задрасквания от упълномощено лице, което при провеждане на упражнението е студент, изпълняващ длъжността *отговорен ръководител*.

Един наряд се издава на името на един *изпълнител на работа* (отговорник на работна група), за една работна група, за едно работно място (комплектна лабораторна уредба - КЛУ).

В съответните графи на наряда отговорният ръководител вписва трите имена на изпълнителя на работата, длъжността и квалификационната му група, вида на работата, която ще се извършва, уредбата и съоръжението от нея, условията на работа (с частично, пълно или без изключено напрежение), къде и какви преносими заземители трябва да се поставят и могат ли да се свалят, необходимите технически мерки, които трябва да се изпълнят от *оперативните дежурни* и особените указания, ако има такива, началото на работа, трите имена и квалификационната група на отговорния ръководител, времето на издаване на наряда, трите имена и квалификационната група на всеки член от работната бригада.

Срокът на действие на наряда се определя от предвидената в разписа на учебните занятия продължителност на лабораторните упражнения.

Частично оформеният наряд се предава на *главния дежурен*, който му поставя пореден номер и го завежда в дневника за нарядите. Главният дежурен организира извършването на записаните технически мерки, а по негова преценка – и на допълнителни такива, ако са необходими, след което отразява писмено в наряда изпълнението, датата, часът, името и фамилията си и се подписва в графата допускащ до работа.

Оформяне допускането до работа

Работната група е извън уредбата докато отговорният ръководител, изпълнителят на работата и главният дежурен проверяват подготовката на работното място с личен оглед, в границите за работа, за да се убедят дали реализираните технически мерки са достатъчни за безопасно провеждане на упражнението. Проверката се документира в наряда с подписи на съответните места. Главният дежурен вписва кои части остават под напрежение, датата и часа на допускане до работа. Изпълнителят довежда групата на работното място, където главният дежурен извършва следното:

а) проверява съответствието на записания в наряда с действителния състав на групата и квалификацията на включените лица по личните им удостоверения;

б) посочва на групата работното място и доказва, че няма напрежение на изключените и заземени тоководещи части най-напред с указател за напрежение, а след това и чрез непосредствено допирание с ръка;

в) инструктира групата и посочва разположените наблизо части от уредбата, които са останали под напрежение;

г) предава работното място на изпълнителя на работа (отговорника на групата) и му връчва първия екземпляр от попълнения наряд.

Изпълнителят на работата е длъжен да приеме работното място от допускащия с документиране в наряда. По време на работа наряда трябва да е постоянно в изпълнителя на работата, който няма право да се отлъчва от работното място.

Контрол по време на работа

След допускане на групата до работното място, надзор за спазване на изискванията по безопасността извършва изпълнителят на работата. Периодичен контрол упражняват и оперативните дежурни, отговорният ръководител и ръководителят на упражнението.

Отговорникът и членовете на работната група нямат право да напускат по време на упражнение работното място, за което е издаден наряда.

По изключение при необходимост, изпълнителят на работата има право да разреши кратковременно напускане на работното място от членове на групата, а след завръщането им ги инструктира и допуска до работа.

При прекъсване на работата по време на лабораторното упражнение, отговорникът на групата извежда студентите извън уредбата. Нарядът остава в него, а табелките, загражденията и заземителите – по места си. Студентите нямат право да се връщат поединично в уредбата. Подновяване на работата след прекъсване може да стане, като цялата група се допусне лично от отговорника ѝ.

При нарушаване правилата за безопасност и при констатиране на опасност за работещите, напрежението на лабораторията се изключва от аварийен бутон, групата се извежда от уредбата и нарядът се отнема от отговорника ѝ. След отстраняване на направените нарушения или на неизправностите, по преценка на ръководителя на упражнението, групата може да бъде допусната до работното място и да продължи работата.

Оформяне завършването на работата

След завършване на работата, работното място се почиства, материалите и инструментите се прибират. Изпълнителят документира това в наряда и го предава на отговорния ръководител, който проверява мястото и ако няма забележки се подписва в графата за окончателното завършване на работата, групата се извежда от уредбата, а наряда се предава на главния дежурен. Нарядът може да бъде закрит от главния дежурен само след оглед на съоръженията в уредбата, проверка за отсъствие на хора, ненужни предмети, инструменти и апарати на мястото, където са извършвани работите. Оперативния персонал сваля временните ограждения, табелите и заземи-

телите, закрива наряда и прави записи в оперативния дневник и дневника за нарядите. Закриването на наряда с отбелязване на датата и времето се потвърждава с подписа на главния дежурен и на отговорния ръководител. Закритите наряди се съхраняват в продължение на 60 дни.

III. ТЕХНИЧЕСКИ МЕРКИ ЗА БЕЗОПАСНОСТ ПРИ РАБОТА

При оперативни превключвания в разпределителни уредби се изпълняват технически мерки за подготовка на работно място, за възстановяване на схемата след завършване на ремонтни работи и за изменения на конфигурацията на схемата.

Технически мерки за подготовка на работно място

За безопасно извършване на ремонтни работи изискващи пълно или частично изключване на напрежението се изпълняват следните технически мерки: изключване на напрежението, поставяне на табели и ограждения на работното място, проверка за отсъствие на напрежение и включване на стационарни или присъединяване на преносими заземители.

1. Изключване на напрежението

Основно правило при комутиране на верига за високо напрежение, в която участва прекъсвач е, първо да се изключи прекъсвачът. След това трябва да се осъществи видимо прекъсване, което се извършва чрез изключване на разединителя (разединителите) на веригата.

Когато веригата е без прекъсвач, изключването може да се извърши с разединител при условие, че протичащия ток е не по - голям от стойности-те, посочени в „Наредба за устройството на електрическите уредби”, например:

а) за електропроводи на средно напрежение;

Таблица 1

вид на протичащия ток	стойност на тока, А при напрежение, kV		
	3 – 6	10 - 20	35
ток на земно съединение	7,5	3	1,5
заряден ток на фаза	2,5	1	0,5
ток на товара	15	-	-

б) за трансформатори на средно напрежение:

Таблица 2

Напрежение, kV	6	10	20	35
Ток, А	4,5	2,5	3	2,5

В лабораторията с разединител се изключва само първичната верига на измервателните трансформатори за напрежение в КЛУЗ.

При изключване на напрежението особено внимание трябва да се обръща на възможността за обратна трансформация на ниско напрежение във високо чрез измервателните трансформатори за напрежение (ИТН). За да бъде избегната опасността, ИТН задължително трябва да бъдат изключени и от страна ниско напрежение чрез снемане на предпазителите.

На мястото където ще се извършва работа трябва да бъде изключено напрежението и на тоководещите части, до които може да стане случайно допиране или опасно доближаване.

При обезопасяване на работното място задължително се изключва и напрежението на веригите от вторичните схеми на присъединението:

а) снемат се предпазителите за оперативно напрежение към схемите за дистанционно управление на комутационните апарати (прекъсвачите);

б) снемат се предпазителите за напрежение към схемите за сигнализация и блокировка на изключената първична верига.

Задвижванията на разединителите с ръчно управление се блокират чрез механични заключващи елементи в изключено положение, с което се предотвратява произволното или погрешното им включване.

2. Окачване на табели и ограждане на работното място

Непосредствено след изключване на напрежението, за да се предотврати погрешна манипулация на всички ключове, бутони и ръкохватки за управление на задвижванията на прекъсвачите и разединителите, а също и към основите на предпазителите, с които може да се подаде напрежение към работното място се окачват табели „ Не включвай! Работят хора”.

При частично изключване на напрежението, на безопасно разстояние от тоководещите части, които остават под напрежение се поставя табела „Стой! Високо напрежение”.

В уредби с по- сложно конструктивно изпълнение, работното място се огражда с преносими П - образни изолационни ограждения с неподвижно закрепени табели „Стой! Високо напрежение”. Преграждат се и намиращите се в близост места и проходи, в които не трябва да се влиза.

След поставяне на преносимия заземител, на работното място се окачва табела „ Да се работи тук! ”.

По време на работа, на ремонтния и дежурния персонал се забранява да преместват или прибират временно поставени табели и ограждения. Когато това се налага от естеството на извършваната работа, то трябва да става със знанието и разрешението на отговорния ръководител и на главния дежурен.

3. Проверка за отсъствие на напрежение

След поставяне на табелите и преносимите ограждения, дежурните подготвят преносимите заземители като ги присъединяват към заземителната клема до подготвяното работно място и отворят постоянните подвижни ограждения.

Непосредствено преди поставяне на заземителите се проверява за отсъствие на напрежение на тоководещите части на работното място.

Непосредствено преди и след проверката за отсъствие на напрежение, се проверява изправността на указателя в наблизо разположени токо-водещи части, намиращи се под напрежение. Проверката за отсъствие на напрежение се извършва на всички клеми на изключеното съоръжение от две оперативни лица, задължително с диелектрични боти и ръкавици. Сигнализацията за състоянието на комутационните апарати, всички видове блокировка и електрически ключалки на подвижните ограждения, постоянно включените волтметри и др. са само спомагателни средства, от които не може да се прави заключение за отсъствие на напрежение. Показанията или действието, на някое от изброените устройства е безспорен признак за тревога и преценка на извършените до момента мерки. В този случай дежурните трябва да установят причината за наличие на напрежение, да го изключат и да започнат подготовка на работното място отначало.

4. Поставяне на преносими заземители

Поставянето на преносимите заземители се извършва непосредствено след проверката за отсъствие на напрежение. Заземителят, който е заземен към заземителната клема, се свързва към тоководещите шини на всички фази на изключената част от електрическата уредба.

Преносимите заземители се поставят на определените места на тоководещите части, които не са боядисани и са отбелязани с черни ограничителни ивици.

Поставянето и свалянето на преносимите заземители се извършва с диелектрични ръкавици и боти от две оперативни длъжностни лица и се регистрира в наряда и в дневника за заземителите.

Технически мерки за възстановяване на схемата

След извършване на ремонтните работи или лабораторните дейности и закриване на наряда се пристъпва към възстановяване на схемата при следната последователност:

а) свалят се подвижните табели „Стой! Високо напрежение” и „Да се работи тук!” и преносимите заземители. Затварят се постоянните подвижни ограждения. След извършване на тези операции влизането в мястото на работата по какъвто и да е повод е забранено;

б) изнасят се преносимите заземители и ограждения и се поставят на определените им за съхранение места. Поставят се предпазителите за блокировка и сигнализация, с което се възстановява изходното състояние на лабораторната уредба.

в) изключва се заземителния разединител и се премахва последното обезопасително средство, след което, в зависимост от програмата на упражненията са възможни два случая:

1) упражнението е завършено и студентите нямат друга работа в уредбата. Дежурните свалят табелите „Не включвай! Работят хора” от ръкохватката на шинния разединител и от ключа за управление на прекъсвача, поставят оперативните предпазителите и предпазителите на ИТН, след което оставят уредбата в това състояние.

2) упражнението изисква включване на напрежение и извършване на измервания извън уредбата. Дежурните свалят табелата „Не включвай! Работят хора” от ръкохватката на шинния разединител, оглеждат прекъсвача за установяване на състоянието му (трябва да е изключен и да няма видими външни повреди) и включват шинния разединител. Поставят оперативните и другите предпазителите на прекъсвача и ИТН. Снемат последната табела „Не включвай! Работят хора” от ръкохватката на ключа за управление на прекъсвача и допускат студентите до пулта за управление на уредбата за продължаване на упражнението.

Основни правила за извършване на оперативни превключвания

При текущи оперативни превключвания по електрическата схема, се спазват изискванията за безопасност при експлоатация на уредбите за високо напрежение и следните основни правила:

- когато превключванията не са свързани с обезопасяване на работно място не се поставят табели на заземителите, а напрежението и тока се контролират със стационарни прибори от таблата за управление.

- включването и изключването на комутационните апарати, които имат дистанционно управление се извършва от ключа за управление, който се задържа на съответната позиция от три до пет секунди.

- ръчното включване и изключване на разединителите с лостово задвижване се извършва бързо и рязко.

IV. ПИСМЕНА ДОКУМЕНТАЦИЯ ПРИ ОПЕРАТИВНОТО ОБСЛУЖВАНЕ

Експлоатацията на електрическата част на електрическите централи и подстанции се извършва при строга оперативна дисциплина, регламентирана от действащите правилници и инструкции. Спазването им гарантира безопасността на персонала и изпълнението на основните функции на електрическите уредби. За да не се допускат нарушения, които могат да имат

опасни последици и за контрол на оперативното обслужване, всички основни дейности и организационните мерки за безопасна работа се регистрират чрез писмено оформяне на първична документация.

Описанието на документите е конкретизирано с условията и реда в лаборатория „Електрически централи и подстанции”.

Първичните документи в командните зали могат да се разделят на две групи: документи, които се водят непосредствено от оперативния персонал при изпълнение на задълженията му по време на работа и документи, които се оформят от други длъжностни лица и са на разположение на оперативния персонал.

1. Първични документи оформяни от оперативния персонал:

Дневник за оперативна работа

Води се от главния дежурен на лабораторията. В съответните графи се записват: номерата на лабораторните упражнения, които ще се провеждат; датата и времето на изпълнението им; трите имена на главния дежурен и на помощника му. Оформянето на тази част завършва след подписване на длъжностните лица на съответните места.

При провеждане на упражненията главният дежурен записва времето и вида на всички извършени оперативни превключвания и получените разпореждания от ръководителя на упражнението.

След завършване на упражненията и изпълнение на всички задължения по приключването, ръководителят на упражнението се подписва в графата „Приел”, а след него – главният дежурен в графа „Предал” и оперативният персонал се освобождава от дежурство.

Дневник за откриване и закриване на нарядите

При започване на упражнението главният дежурен получава издадените наряди за работа в лабораторията и записва в съответните графи: поредният номер на наряда; датата и часа на завеждане; отговорникът на групата (изпълнителят на работата); вида на работата, която ще се извършва (темата на упражнението) и се подписва.

След завършване на лабораторното упражнение и закриване на наряда-та, главният дежурен записва датата и часа на закриването и се подписва в последната графа. Закритият наряд се поставя в папката за наряди.

Дневник за завеждане на преносимите заземители

Записите се правят от главния или от помощник дежурния. След поставяне на преносим заземител, в съответните графи се вписва: номерът на заземителя и датата и часа на свързването му. Написаното се потвърждава с подписа на един от двамата дежурни.

След снемане на преносим заземител, на реда където е записано поставянето му, в следващите графи се отбелязва датата и часът на тази операция и подписа на дежурния, който е снел заземителя.

Дневник за регистриране на забелязани дефекти

Забелязаните неизправности на съоръженията от лабораторията се регистрират в дневника от главният дежурен или от помощника му. В съответните графи се записва: датата и часът когато е забелязан дефекта, мястото на възникване и кратко описание. Написаното се потвърждава с подпис на дежурния, който е направил записа.

След отстраняване на повредата длъжностното лице вписва датата и часа на ремонта и се подписва за удостоверяване на извършеното.

Бланка за оперативни превключвания

Бланката се попълва от помощник дежурния в съответствие с поредността на техническите мерки за безопасна работа и се проверява от главния дежурен. Всяка манипулация се записва на отделен ред. Написалият и проверилият бланката се подписват на съответни места.

Сведения за показанията на контролно-измервателните прибори

Сведението се попълва от помощник дежурния. През определен интервал от време в съответните графи се вписват: часът на отчитане и показанията на контролно-измервателните апарати в лабораторията.

2. Първични документи оформяни от други длъжностни лица:

Дневник за разпорежданията

Води се от отговорника на лабораторията, назначен със заповед на декана на факултета. Съдържа дата на влизане в сила и текста на разпорежданията при въвеждане на нови уредби и съоръжения, при промени в електрическите схеми, при изменения на вътрешния ред, при допускане до самостоятелна работа на студенти и други длъжностни лица и при особени случаи, свързани с експлоатацията и безопасността в лабораторията.

Дневник за релейните защиты

Необходимите данни се вписват от отговорника на лабораторията - преподавател.

Дневник за състоянието на защитните средства

Дневникът се води от преподавателя, който е отговорно длъжностно лице за изправността на защитните средства на лабораторията.

Дневник за проверка на знанията по безопасността

Съдържа резултати от проверките на знанията на студентите по основните инструкции за безопасна работа и за техническа експлоатация.

V. ПРОГРАМА И УКАЗАНИЯ ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА УПРАЖНЕНИЕТО

1. Ръководителят на упражнението разделя студентите по двама в група и определя комплектните уредби, в които последователно ще се работи. При изпълнение на упражнението трябва да се спазват описаните задължителни правила за безопасност и оказаните от ръководителя на упражнението място и организация на работа. Студентите, които не извършват манипулации, наблюдават работата извън уредбите и не се намесват при извършване на оперативните превключвания.

2. В съответствие с получената задача, всеки студент попълва бланка за оперативни превключвания, в която четливо и без поправки записва мерките за подготовка на работното място или за възстановяване на схе-мата след завършване на работата и се подписва в графата „Попълнил бланката”. Всяка операция се записва на отделен ред и се номерира. Студентите от формираните групи разменят написаните бланки помежду си, проверяват ги и се подписват в графата „Проверил бланката”.

3. Студентите от всяка група последователно изпълняват записаните операции в оформената от тях бланка, при което:

- преди започване на превключванията подготвят необходимите индивидуални предпазни средства, преносими заземители, ограждения, табели, указател за напрежение и др;

- проверилият бланката ясно и точно прочита записаната операция;

- попълнилият бланката повтаря и изпълнява операцията;

- проверилият бланката прочита и отбелязва изпълнението на поредната операцията и преминава по-нататък.

4. Всеки студент се запознава с дневниците за разпорежданията, за релейните защиты, за състоянието на защитните средства и за проверка на знанията по инструкциите, при което:

а) прочита записаните разпореждания и осмисля задълженията си при изпълнение на оперативни работи в лабораторията;

б) изучава релейните защиты на първичната схема в лабораторията;

в) запознава се с водените на отчет защитни средства, със сроковете за изпитване и годността им за употреба;

г) изяснява си начина за регистриране на знанията на студентите за безопасна работа в лабораторията и преценява необходимостта от спазване на въведения ред.

Изпълняват се организационните мерки за безопасна работа в разпределителни уредби, в съответствие със задълженията на заеманите последователно длъжности като отговорен ръководител, главен дежурен и изпълнител на работата както следва:

5. Всеки студент като отговорен ръководител издава наряд за лабораторно упражнението в една от уредбите. За целта оформя първата страница на наряда.

6. Двама студенти определени от ръководителя на упражнението, изпълняват функциите на главен и на помощник дежурен и демонстрират подготовка на работно място за един от написаните наряди. След това, всички студенти попълват графата „Извършено” на издадените от тях наряди, като изпълняват за случая задълженията на главния дежурен;

7. Определените дежурни продължават с втората организационна мярка и заедно с отговорния ръководител и изпълнителя на работата, които фигурират в подготвения наряд, демонстрират допускане на работното място. След това, всички студенти отразяват допускането до работното място, което се оформя с подписите на длъжностните лица записани в техните наряди;

8. Изпълнителят заедно с групата студенти от изпълнявания наряд приема работното място, прави кратък инструктаж и съобщава на глас основните изисквания за надзор по време на работа;

9. Отговорният ръководител, изпълнителят на работата и дежурните демонстрират завършването на работата, като формулират всички задължения, които трябва да изпълняват при тази организационна мярка. Студентите отразяват завършването на работата, което се документира с подписите на съответните длъжностни лица, фигуриращи в нарядите им.

VI. КОНТРОЛНИ ВЪПРОСИ

1. Какви са техническите мерки, които се изпълняват при подготовка на работното място с частично изключване на напрежението?
2. Каква е последователността на работа при изключване и при включване на верига за високо напрежение?
3. Какви преносими табели се поставят при подготовка на работното място в разпределителни уредби за високо напрежение?
4. Как се извършва проверка за отсъствие на напрежение на високоволтова верига?
5. Каква е техниката на поставяне на преносим заземител?
6. Какви са първичните документи, с които се работи при оперативното обслужване на разпределителни уредби?
7. Какви са организационните мерки осигуряващи безопасна работа в разпределителните уредби?
8. Каква информация се вписва в оперативния дневник и от кои длъжностни лица?
9. Как става завършването на работа в електрически уредби с наряд?
10. Как оперативния персонал ползва информацията от документацията, която се води от други лица?

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 3

МАЛОМАСЛЕНИ ПРЕКЪСВАЧИ

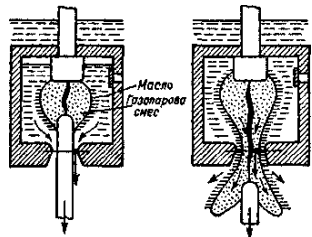
I. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

Изучаване на принципите на дъгогасене в маслена среда, запознаване с основните изисквания към конструкциите, устройството и функционалните особености на маломаслени прекъсвачи за средно напрежение с пружинно-моторно задвижване.

II. ОСНОВНИ СВЕДЕНИЯ ЗА МАСЛЕНИ ДЪГОГАСИТЕЛНИ УСТРОЙСТВА

В маломаслените прекъсвачи основната изолация на тоководещите части между фазите и към заземените елементи от конструкцията се изпълнява от твърди диелектрици, което намалява габаритите и масата на апаратите. Главен елемент на маслените прекъсвачи е дъгогасителна камера с надлъжно, напречно или комбинирано действие, потопена в чисто трансформаторно масло. Маслото е предназначено за гасене на дъгите в полюсите и не е основна изолационна среда. Енергията на дъгата възникваща между контактите при комутации, разлага маслото и образувашите се газове и пари се използват за гасенето ѝ.

В процеса на изключване на прекъсвача, от високите температури на възникващите дъги, маслото около контактите се изпарява и разлага. Образуват се газови мехури, съдържащи до 70 % водород, който има висока охлаждаща способност и ускорява изгасването на дъгите - фиг. 1.



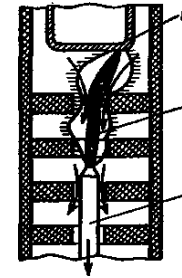
Фиг. 1. Формиране на газов мехур при горене на дъга в дъгогасителна камера запълнена с масло

Дъгите се охлаждат интензивно, защото по-голямата част от топлината им се изразходва за изпарение и разлагане на маслото. Охлаждането на дъговите стълбове и циркулацията на маслото ускоряват дейонизационните процеси. За бързо и успешно гасене на дъгите спомага и увеличаването на налягането в газовите мехури, вследствие разширяването на сместа, съставена от маслени пари и водород. Изключващата способност на маслените прекъсвачи се увеличава, когато дъгогасителните камери имат конструкции, осигуряващи продухване на дъгите.

На фиг. 2 е показана изолационна камера с надлъжно продухване. При отделяне на подвижния от неподвижния контакт, в камерата възниква дъга,

която изпарява и разлага маслото. Налягането на газа достига 6-7 МРа, намалява сечението на дъгата и ускорява гасенето ѝ като увеличава електрическата здравина на междуконтактното пространство след преминаване на тока през нулата.

Усъвършенстваните конструкции на дъгогасителни камери осигуряват също напречно или смесено (надлъжно-напречно) продухване, а някои имат импулсен механизъм, чрез който процесите се интензифицират принудително.



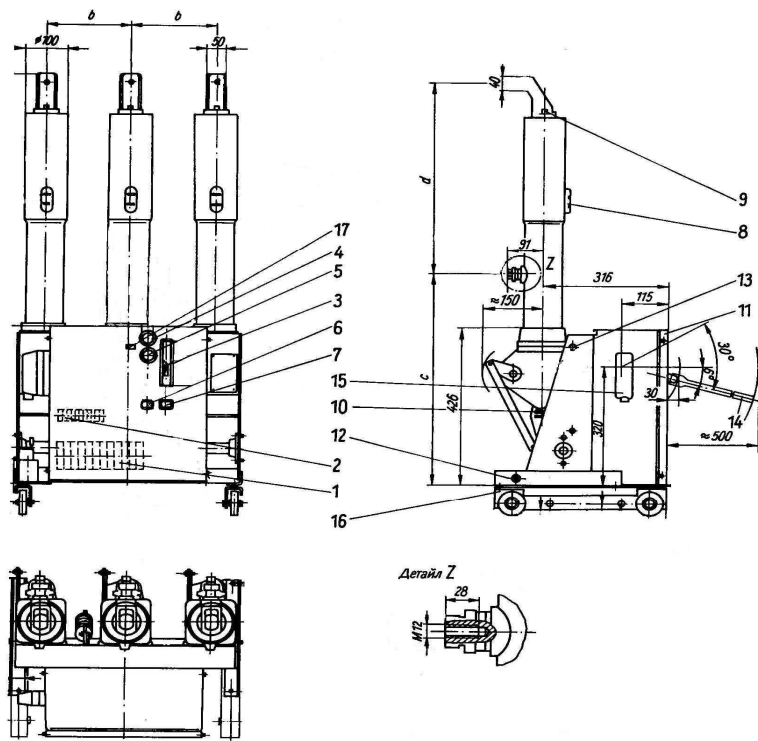
Фиг. 2. Дъгогасителна камера с надлъжно продухване
1- неподвижен контакт;
2 - дъга;
3 — подвижен контакт

Действието на дъгогасителните камери е по-ефективно при изключване на по-големи токове. Увеличеното налягане на дъгогасителната среда при горене на електрически дъги се възприема от стените на камерите и това е благоприятно за механичната здравина на прекъсвача като цяло.

В ЕЕС са разпространени маломаслени прекъсвачи за напрежения до 110 кV, поради доказаните им качества: - малко количество масло, технически приемливи габарити и маса, ограничена взривна и пожарна опасност, относително ниска цена. Общите недостатъци са: - силна зависимост на изключващата способност от големината на изключвания ток и невъзможност да работят в режими с чести комутации. Приложението на маломаслените прекъсвачи е в уредби за закрит и открит монтаж с облекчени условия на работа и невисоки експлоатационни изисквания.

III. УСТРОЙСТВО И ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ПРЕКЪСВАЧ ТИП SCI 4

Маломаслените прекъсвачи за средно напрежение тип SCI 4 са предназначени за монтаж в уредби с класическо или комплектно изпълнение. На фиг. 3 е представен общ вид на маломаслен прекъсвач SCI върху подвижна количка. Конструкцията от три цилиндрични полюса, пружинно-моторно задвижване и два комплекта розетъчни контакти монтирани върху обща рама на четири колела, представлява комутационен блок, предназначен за комплектна разпределителна уредба.



Фиг. 3. Общ вид на подвижен комутационен блок с прекъсвач тип SCI 4

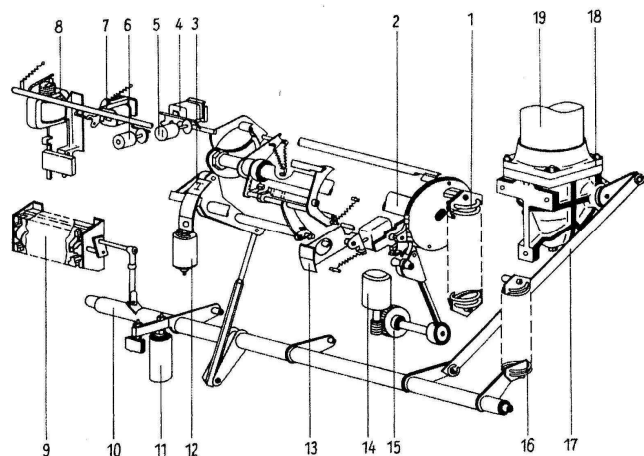
1 – спомогателни контакти за управление, блокировки и сигнализиции; 2 – клеморед на задвижващия механизъм; 3 – механизъм за ръчно натягане на комплекта включващи пружини; 4 – бутон за местно включване; 5 – бутон за местно изключване; 6 – сигнализиция за положението на прекъсвача (включен - изключен); 7 – сигнализиция за състоянието на включващата пружина (напрегната - отпусната); 8 – индикатор за нивото на маслото в полюсите; 9 – клапан за изпускане на въздуха и пълнене на масло в полюсите; 10 – клапан за изпускане на маслото; 11 – капак на задвижващия механизъм, 12 – клемна за заземяване; 13 – транспортни отвори за повдигане и пренасяне на комутационния блок; 14 – лост за ръчно натягане на комплекта включващи пружини; 15 – куплунг за вторичните вериги; 16 – плъзгащи контакти за заземяване на рамата на комутационния блок към конструкцията на шкафа от КРУ; 17 – механичен брояч на комутациите.

За задвижване на подвижните контакти при включване и изключване се използва механичната енергия, освобождавана от напрегнати пружини. Комплектът включващи пружини се разтяга предварително от високоскоростен двигател или ръчно чрез лостов механизъм. Включването е едновременно за трите фази. Движението към трите подвижни контакта във фазните полюси се предава от общ вал и индивидуални изолационни щанги.

Команда за включване се подава или местно от механичен бутон за включване или дистанционно чрез електрически сигнал, въздействащ на електромагнит за включване. Едновременно с включването се напруга изключващата пружина, така че прекъсвачът може да бъде изключен или местно от бутон за изключване или дистанционно, чрез електрически сигнал, въздействащ на електромагнит за изключване. След всяко включване, двигателят се пуска автоматично и натяга включващата пружина, с което подготвя прекъсвача за автоматично повторно включване. Така има три продължително устойчиви състояния: - прекъсвачът е изключен и двете пружини са отпуснати; прекъсвачът е изключен, но е напрегната включващата пружина; прекъсвачът е включен и са напрегнати включващата и изключващата пружини, т.е. може да бъде изключен и да се включи повторно, ако получи сигнал от включваща автоматика (АПВ). Върху капака на задвижващия механизъм има индикаторни отвори за сигнализиране положението на прекъсвача (включен - изключен) и за състоянието на включващата пружина (напрегната - отпусната).

Когато прекъсвачът е предназначен за използване в комплектна разпределителна уредба (КРУ) въводните и изводните клемии са розетъчни щепселни контакти, които изпълняват функциите на шинен и линейен разединител, вж. детайл Z на фиг. 3.

На фиг. 4 е показана функционална кинематична схема на пружинно-моторен задвижващ механизъм. При подаване на оперативно напрежение на електродвигателя 14, той заработва и чрез редукторно-лостов механизъм напруга комплекта включващи пружини 1. За около 12 s пружините достигат крайното положение, до което е допустимо разтягането им и позиционни (крайни) изключватели прекъсват захранването на двигателя. Индикаторът 13 сигнализира състояние "напрегната включваща пружина". В това положение задвижващия механизъм остава неопределено дълго време, до момента, в който се въздейства на механизма за включване. Задвижването е с непряко действие защото енергията за включване се акумулира предварително и може да се използва в произволен момент. При свиването на пружината 1 се освобождава механична енергия, една част от която се изразходва за включване на трите подвижни контакта във фазовите електрически полюси, а останалата – за напругане на изключващата пружина 16. Бутоните за местно ръчно управление действат по механичен път на включващата и изключващата част на механизма и осигуряват сигурна експлоатация на прекъсвача при липса на оперативно напрежение или повреда в електрическите командни вериги. В такава ситуация задвижващия механизъм може да се подготви за включване чрез ръчно напругане на пружините 1 посредством лост с постъпателно движение.

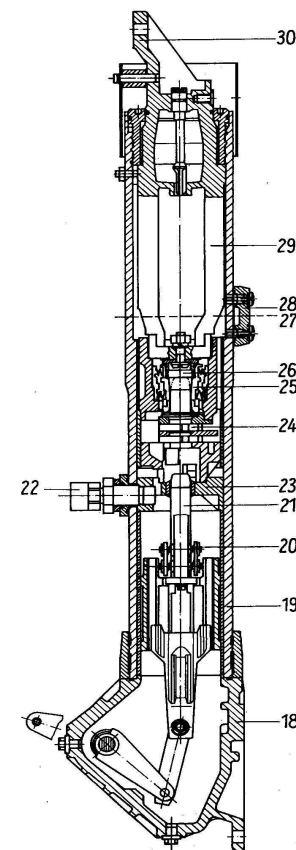


Фиг. 4. Функционална схема на задвижващ механизъм на прекъсвач тип SCI

4

1 – комплект включващи пружини; 2 – включващ вал; 3 – сигнализация за положението на прекъсвача (включен - изключен); 4 – електромагнит за включване; 5 – бутон за местно включване; 6 – бутон за местно изключване; 7 – електромагнит за изключване; 8 – допълнителен електромагнит за изключване, заработва при понижаване нивото на напрежението; 9 – спомагателни контакти за управление, блокировки и сигнализации; 10 – включващ вал за предаване на движението към подвижните контакти; 11 – пневматичен амортизатор за смекчаване на механичните удари при задвижване на включващия вал; 12 – импулсна пружина; 13 – индикатор за състоянието на включващата пружина (напрегната - отпусната); 14 – електродвигател; 15 – редуктор; 16 – изключваща пружина; 17 – включваща изолационна щанга, предава движение на подвижния контакт във фазовия полюс; 18 – метален корпус (картер) на фазовия полюс; 19 – изолационен цилиндричен корпус на фазовия полюс.

На фиг. 5 е представен разрез на фазов електрически полюс, представляващ изолационен корпус (19) от епоксидна смола, подсилен със стъклено платно, в който се намират контактната и дъгогасителната система. Фазовите електрически полюси се запълват с чисто трансформаторно масло до ниво, което осигурява успешно гасене на дъгите и се контролира чрез индикатор за нивото на маслото 28. При изключване на електрическите вериги в момента на разделяне на подвижните от неподвижните контакти възникват електрически дъги. Вследствие на високите температури една част от маслото се изпарява и разлага.

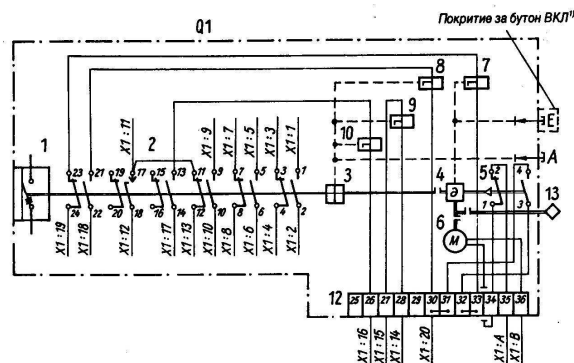


Фиг. 5. Разрез на полюс от прекъсвач тип SCI 4

18 – метален корпус (картер) на фазовия полюс; 19 – изолационен цилиндричен корпус на фазовия полюс; 20 – ролков токоснемащ контакт; 21 – подвижен контакт; 22 – долна изводна клема или розетъчен щепселен контакт; 23 – долен контактен носач; 24 – дъгогасителна камера; 25 – неподвижен контакт; 26 – фиксиращ цокъл; 27 – средно ниво на маслото; 28 – индикатор за нивото на маслото в полюсите; 29 – горен контактен носач; 30 – горна изводна клема или розетъчен щепселен контакт.

При движението на подвижния контакт в каналите на дъгогасителната камера се образуват газови потоци, които осигуряват напречно и надлъжно обливане и продухване на дъгата. Интензивността на гасене се увеличава при изключване на по-големи токове, понеже се увеличава налягането на паромаслената смес в каналите на камерата, което допълнително подпомага и ускорява накъсването, охлаждането и угасването на дъгите.

На фиг. 6 е дадена вътрешната електрическа схема на задвижващия механизъм.

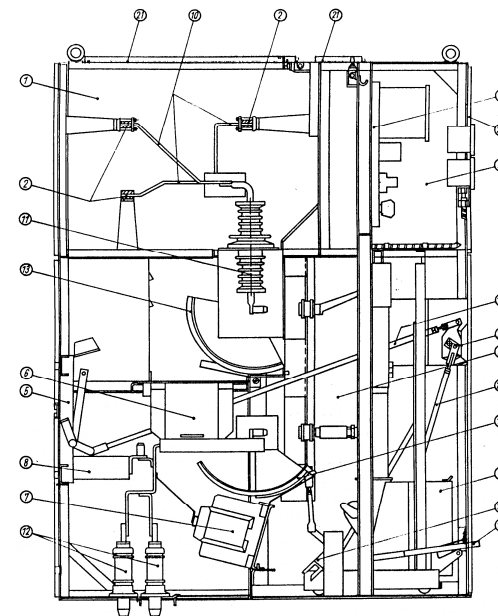


Фиг. 6. Електрическа схема за управление, блокировка и сигнализация на прекъсвача

1 – първична верига; 2 – спомагателни контакти за управление, блокировки и сигнализация; 3 – контактен възел (лост), чрез който се превключват спомагателните контакти за управление, блокировки и сигнализация; 4 – пружинен механизъм за включване; 5 – позиционен (краен) изключвател, прекъсва захранването на двигателя, след налягане на включващите пружини; 6 – електродвигател с редуктор за налягане на включващите пружини; 7 – електромагнит за включване; 8 – електромагнит за изключване; 9 – допълнителен електромагнит за изключване; 10 – допълнителен електромагнит за изключване, работва при понижаване нивото на налягането; 12 – клеморед на задвижването; 13 – механизъм за ръчно лостово налягане на включващите пружини; Q1 – прекъсвач; XI – щепселен съединител (куплунг) за вторичните вериги; E – механичен бутон за местно включване; A – механичен бутон за местно изключване.

Спомагателните контакти на прекъсвача се превключват чрез лостова система в зависимост от състоянието на главните контакти на прекъсвача. Принципът на съответствие и несъответствие между положението на главните и спомагателните контакти на прекъсвача се използва за изпълняване на основните изисквания към веригите за командване, блокировки и сигнализации. Пълният комплект от помощни контакти осигурява възможност за реализиране на типови релейни и безрелейни схеми за управление, на оперативни и защитни блокировки между прекъсвача и разединителите в първичната верига, на светлинна и звукова сигнализация за положението на прекъсвача в нормален режим и при аварийни изключения.

На фиг. 7 е дадена схема, показваща типова конструкция на шкафа от КРУ с единична шинна система и комутационен блок оборудван с прекъсвач тип SCI4.



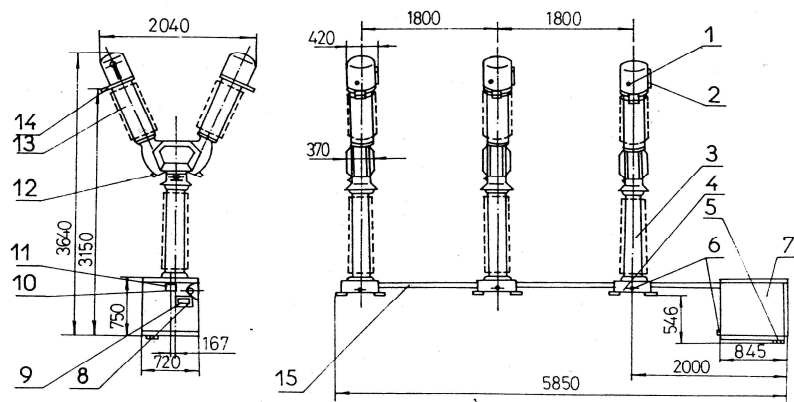
Фиг. 7. Конструкция на шкафа с комутационен блок и прекъсвач тип SCI 4

1 – отсек на събирателните шини; 2 – шинна система, включваща подпорни изолатори, шинодържачи, шини; 3 – камера (отсек) на комутационния блок; 4 – количка с прекъсвач; 5 – заземяващ разединител на шкафа; 6 – токов трансформатор; 7 – наляганов трансформатор; 8 – опорен изолатор с кондензаторен делител на налягане; 9 – шкафа на вторичните апарати за релейна защита, блокировки и сигнализации; 10 – събирателни шини; 11 – проходни изолатори; 12 – кабелни изводи; 13, 14 – предпазни прегради от листовата стомана, закриват достъпа до частите, които остават под налягане след изваждане на количката с комутационния блок от шкафа; 15, 16, 17 – отвор, лост и блокировъчен прът на заземяващия разединител; 18 – задвижване на автоматични щори; 19 – лостова крачна система за освобождаване на фиксиращия механизъм на комутационния блок; 20 – клеморед на вторичните вериги; 21 – изпускателен клапан на дъгова защита на шкафа, работва при появата на открити дъги; 22 – предна горна вратичка с вградени прибори за управление, сигнализация и измерване.

Металната конструкция е разделена със стоманени листове на три камери (отсеци) – за събирателните шини, за първичните апарати и за вторичната апаратура. На горната част на шкафа е монтиран изпускателен клапан за отвеждане на газовете с високо налягане, които се образуват при появата на открити електрически дъги. В шкафа са инсталирани стационарни указатели на налягане за осигуряване на безопасността на обслужващия персонал. Прекъсвачът се управлява с бутони от фасадата на шкафа, при което вратата му остава затворена. Преместването на количката с комутационния блок в работно и контролно положение и управлението на заземяващия

разединител става отвън, при затворени врати на шкафа, с помощта на специална ръчка. Въведени са блокировки, които осигуряват безопасна експлоатация и защита на обслужващия персонал при неправилни действия.

На фиг. 8 е даден общият вид на маломаслен прекъсвач за открит монтаж тип ММО 123/1250/20. Прекъсвачът се състои от три полюса с един пружинно – моторен задвижващ механизъм, който осъществява трифазно управление, но е възможна пофазна конфигурация.



Фиг. 8. Общ вид на маломаслен прекъсвач ММО 123/1250/20

1 – горен край на прекъсване на дъгата; 2 – маслоуказател; 3 – изолационна колона; 4 – полюс; 5 – входен възел на оперативните вериги; 6 – болт за заземяване; 7 – задвижващ механизъм; 8 – указател за положението на прекъсвача (включен – изключен); 9 – указател за състоянието на включващите пружини; 10 – ръкохватка за ръчно включване и изключване; 11 – табелка с технически параметри; 12 – долен край на прекъсване на дъгата; 13 – модул на дъгосгасящ елемент; 14 – изводна клемма; 15 – задвижващ вал.

IV. ПРОГРАМА И УКАЗАНИЯ ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА УПРАЖНЕНИЕТО

Ръководителят на упражнението разделя студентите в две подгрупи и определя две работни места, на които последователно ще работи всяка подгрупа. Използват се подвижния комутационен блок с прекъсвач тип SCI 4, който не е свързан с електрическата уредба в лабораторията и комплектната лабораторна уредба КЛУ1.

1. Изучава се конструкцията, устройството и действието на маломаслен прекъсвач тип SCI 4. С помощта на преносим лост за ръчно налягане на включващите пружини се подготвя задвижващия механизъм за включване. Проследява се функционалното взаимодействие на елементите от механизма и връзките, чрез които се предава движението към подвижните контакти във фазните полюси. Осъществяват се ръчни команди за включване и изключване на прекъсвача чрез механичните бутони за местно управление. Обръща се

внимание на положенията, които се заемат от спомагателните контакти. Обясняват се възможните позиции, които задвижването и прекъсвача изпълняват след всяка команда.

2. С помощта на прекъсвача от КЛУ1 се реализира изучаване на действието на прекъсвач тип SCI 4 при дистанционно ръчно управление. Реализират се и се обясняват основните функционални състояния на прекъсвача и задвижването:

- подготовка (заредане) за включване на прекъсвача;
- дистанционно включване чрез команда от ключа за управление;
- дистанционно изключване чрез команда от ключа за управление;
- различни варианти между дистанционно ръчно и местно ръчно управление;
- симулиране действието на релейна защита и автоматика и изучаване работата на прекъсвача при повторно включване.

При изпълнение на упражнението стриктно трябва да се спазват описаните в първите две упражнения задължителни правила за безопасност и дадените от ръководителя на упражнението допълнителни указания.

3. Студентите използват лабораторни скици и чертежи, заводски технически описания и инструкции за монтаж и експлоатация на маломаслен прекъсвач за открит монтаж, тип ММО с пружинно-моторно задвижване и изучават устройството, особеностите и действието на прекъсвач за 110 kV. Съпоставят се общите принципи и характеристиките на маломаслени прекъсвачи за средно и високо напрежение, за закрит и открит монтаж.

В отчета за упражнението се характеризират накратко основните възли от конструкцията на прекъсвача и се скицират основните елементи от електрическия полюс. Описва се действието на задвижващия механизъм при ръчно дистанционно и местно управление, при автоматично изключване след сигнал от релейната защита и при автоматично повторно включване. Съставя се примерна схема на основните вериги за дистанционно управление на прекъсвач.

V. КОНТРОЛНИ ВЪПРОСИ

1. Кои фактори са основни за гасене на електрическите дъги в маслена среда?
2. Предназначение на маслото и каналите в дъгосгасителните камери?
3. Каква е изолацията между фазите и към земя в маломаслен прекъсвач?
4. Основни фази при работа на пружинно-моторен механизъм за задвижване?
5. Кога и как се прилага ръчно местно управление на прекъсвач?
6. Кои елементи на фазовия полюс провеждат тока в първичната верига?
7. Задвижване и предназначение на спомагателните контакти на прекъсвача?
8. Предимства, недостатъци и приложимост на маломаслените прекъсвачи?

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 4

ВАКУУМНИ ПРЕКЪСВАЧИ

I. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

Запознаване с процесите протичащи при гасене на електрическа дъга във вакуум. Изучаване принципа на действие, характерни конструктивни особености и специфични задвижвания на вакуумни прекъсвачи. Разкриване на качествата, недостатъците и приложимостта на прекъсвачи с вакуумни камери.

II. ОСНОВНИ СВЕДЕНИЯ ЗА ВАКУУМНИ ДЪГОГАСИТЕЛНИ УСТРОЙСТВА

Вакуумните прекъсвачи са съвременни комутационни апарати с разширяваща се област на приложение. Предпоставки за разработване на вакуумната комутационна техника са привлекателните достоинства, чрез които тя се отличава от останалите комутационни устройства – контактните системи във вакуумни камери не се обслужват, комутационната среда не се подменя, апаратите са леки, икономични, компактни, работят тихо, не отделят вредни и пожароопасни вещества. Усъвършенстването на конструкциите, повишаването на комутационните възможности и на експлоатационната надеждност при намалени разходи за поддържане са причини за масовото им разпространение. Гасенето на електрическите дъги става много успешно в камери с дълбок вакуум, от порядъка на 10^{-4} Ра. Използват се две ценни свойства на вакуума - висока електрическа здравина и отлична дъгогасяща способност. Поради ниското налягане, плътността на газа е малка и практически липсва среда, която може да провежда електрически ток. Електрическата дъга изгасва бързо, защото електроните и молекулите придобиват голяма дължина на свободния пробег, която надвишава с няколко порядъка разстоянието между контактите. В дъговата междина се създава незначителна ударна йонизация, което затруднява възникването на електрически пробив между контактните елементи. При разделяне на контактите се увеличава плътността на тока, контактният материал се разтопява и изпарява, а в металните пари възниква дъгов електрически разряд. Слабата йонизация между електродите намалява енергията на дъгата, която става десетки пъти по-малка отколкото в масло. Голямата разлика между плътностите на частиците в дъговия разряд и вакуумната среда ускорява дифузията на зарядите (дейонизацията) и нарастването на електрическата здравина между контактите. При преминаване на тока през нулата на синусоидата, за време около 10 - 20 μ s дъгата изгасва и между контактите се възстановява електрическата здравина на вакуума. Следователно, бързата дифузия на частиците и високата електрическа здравина на вакуума осигуряват ефективно гасене на дъгата при малък ход на подвижния контакт.

Характеристиките на вакуумните прекъсвачи се определят основно от работата на контактната система. Ерозията на контактните повърхности при комутации зависи от големината на тока, времето за горене на дъгата, качествата на металите и топлоотдаването. Необходима е висока скорост на подвижния контакт в процеса на изключване, за да се угаси дъгата по-бързо. При включване ако сближаването на контактите е бавно, пространството между тях пробива, възниква дъга, увеличава се топлоотдаването и е възможно разтопяване и дори заваряване. Вижда се, че за бързо дъгогасене е необходима висока скорост на движение на подвижния контакт при изключване и при включване. Малкият пълен ход на подвижния контакт е достатъчен, за да може пространството между контактите да издържа приложеното напрежение.

Материалът на контактите влияе основно върху характеристиките на вакуумните камери. Волфрамот е най-устойчив срещу заваряване, има висока температура на разтопяване и е износоустойчив. При изключване на малки токове парите му имат ниско налягане, дъговият стълб се разпада бързо и токът се "срязва" преди преминаването му през нулата, което създава пренапрежения. В съвременните камери се прилагат контактни конструкции от многокомпонентни и композиционни материали на медна основа с добавки на бисмут, антимон, желязо и бор, които са устойчиви, с добри електро- и топлопроводни качества и създават малки пренапрежения при изключване.

В експлоатация са вакуумни прекъсвачи произведени от водещи фирми, чиито номинални параметри покриват пълната стандартизирана гама от стойности на номиналните работни токове до 3 кА и токове на изключване до 40 кА. Възможни са технически решения, при които чрез паралелно свързване на няколко камери се увеличава токът на изключване. За приложение в прекъсвачи с по-високи номинални напрежения, камерите могат да се свързват последователно.

III. УСТРОЙСТВО И ДЕЙСТВИЕ НА ВАКУУМНА КАМЕРА

На фиг.1 е показан разрез на камера КДВХ-10-20, чието условно означение се разшифрова като: - Камера, Дъгогасителна, Вакуумна, с Хромсъдържащи контакти, за напрежение 10 kV и номинален ток на изключване 20 кА. Вакуумната камера има видимо проста конструкция, в която са вложени върхови постижения на науката и съвременни технологии. Контактната система е най-важният ѝ възел, защото когато е включена пропуска неопределено дълго работните токове, в процеса на изключване създава среда за горене и изгасване на дъгата, а в изключено положение издържа приложеното напрежение.

Корпусът на камерата е двусекционен керамичен изолационен цилиндър, затворен херметично от два метални фланци, в който са разположени неподвижен и подвижен контакт, изработени от волфрам,

контактуващи челно. Външната повърхност на цилиндъра е оребрена, за да се увеличи пътя на утечка по izolацията при навлажняване. Към керамичната част на камерата е добавен външен водач от силициево-алуминиева сплав, осигуряващ съсност на контактите. Подвижният контакт има следните параметри на движението си: - ход 12 mm; средна скорост при изключване 1,7 - 2,3 m/s, при включване 0,6 - 0,9 m/s и допустимо износване 4 mm. Посочените стойности трябва да се запазват в работа, за да се гарантира електрическата здравина и комутационната способност, без се увеличава износването на контактите и на вакуумното уплътнение.

При изключване на прекъсвача, контактите в камерата на всяка фаза се разделят, намалява броят на контактните точки, нараства плътността на тока и местното нагряване в тези точки и възникват електрически дъги. Последната контактна точка между подвижен и неподвижен контакт се разтегля в образуващия се течен мост от разтопен и частично изпарен метал. В облака от йонизирани метални пари се появява устойчив дъгов разряд. С намаляването на тока през вакуумната дъга до минималната стойност наречена "ток на срязване", се прекратява разряда, парите кондензират и пространството между контактите възстановява диелектричните си свойства. Ерозирането на контактите ограничава комутационната способност на прекъсвача. Контактите са от волфрам с добавка на композиция от мед и хром. Това съчетание на метали е подходящо, понеже отделя най-малко пари и създава зърнеста структура на контактните повърхности, предотвратяваща заваряването им от високата температура на дъгата.

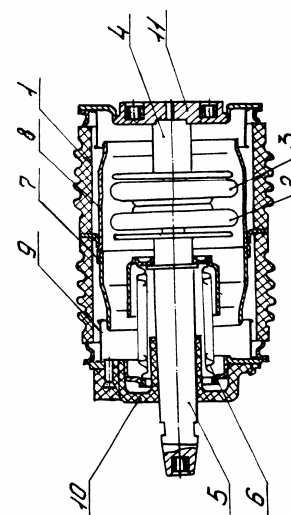
Контактната система от челен тип се състои от контакти и дъгогасящи електроди. Контактите имат форма на кухи пресечени конуси с радиални прорези. Дъгогасящите електроди представляват дискове, разрязани от спирални прорези на три сектора. Формата на контактите създава радиални електродинамични сили, които изместват дъгите към дъгогасящите електроди. Радиалните прорези на контактите и междините между тях и електродите увеличават плътността на тока и електродинамичните сили, действащи на дъгите. Секторите в срещуположните дъгогасящи електроди образуват три двойки канали, по които се движи дъгата до изгасването ѝ при преминаването на тока през нулата. Специалната форма на контактните елементи осигурява устойчивостта им срещу т.нар "студено заваряване", което е характерно за притискащи се неокислени метали във вакуумна среда. Контактите и дъгогасящите електроди са свързани чрез спойки с неподвижен и подвижен тоководещи изводи от мед. Подвижният извод е свързан газоплътно с единия фланец на камерата чрез мембрано уплътнение от неръждаема стомана (силфон).

Вибрациите на контактите са недопустими, понеже ускоряват износването и влошават състоянието на контактните повърхности и увеличават наслоения метал върху екраните, което намалява електрическата здравина и експлоатационния срок на камерата.

Вътрешните стени на камерите се предпазват от метализиране като всяка контактна система е оградена с три метални екрана. Средния екран в камерата е изолиран от изводите, а крайните са свързани с тях и имат съответния потенциал. Екранната система защитава вътрешните изолиращи повърхности на камерата от натрупване на частици метал при температурната ерозия и изпаряването на контактите. Екраните също намаляват напрегнатостта на електрическото поле по перифериите на дъгогасящите електроди и в спойките на метала с диелектрика.

Макар и редки са възможни технологични или механични дефекти, поради които гасенето на дъгите е непълно или неуспешно. Подобни отклонения от нормалната работа не предизвикват сериозни разрушения на прекъсвача или на близко разположените съоръжения. При дефектиране на камера, дъгата не се разпространява извън нея ако стойностите на тока на късо съединение са малки.

Опитът от експлоатацията показва, че когато елементите поместени в камерите са прецизно очистени от примеси, те по-добре поглъщат газове. С течение на времето нивото на вакуума се увеличава, понеже кондензиращите метални пари поглъщат остатъчните газове, с което се подобряват качествата на прекъсвачите.



Фиг.1. Устройство на дъгогасителна камера

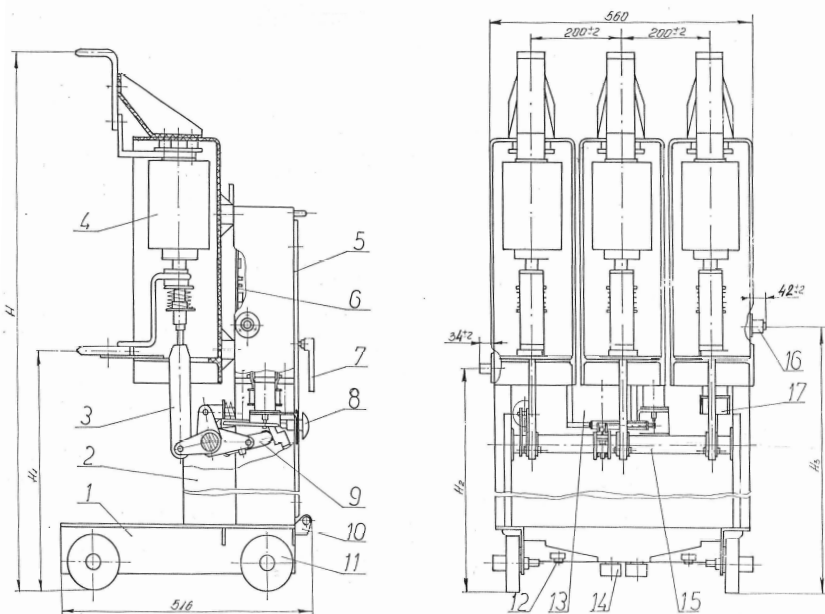
1 – керамичен корпус; 2 – подвижен контакт; 3 – неподвижен контакт; 4, 5 – неподвижна и подвижна тоководещи части; 6 – вакуумно уплътнение (силфон) от неръждаема стомана; 7, 8 – метални екрани; 9 – укрепващ екранен пръстен; 10 – водач, осигуряващ съсност на контактите; 11 – фланец за укрепване на вакуумната камера към носещата рама на прекъсвача

При постъпателното движението на подвижния контакт херметичността на камерата 1 се запазва от уплътняващото съединение 6, свързващо херметично подвижния извод и корпуса. Контактите в камерата са нормално затворени, вследствие силите на притискане, възникващи от атмосферното налягане върху силфона и подвижния контакт 2. За избягване на отблъскването на контактите при протичане на ток на късо съединение се осъществява и допълнително контактното усилие от притискащо

пружинно устройство, чрез което също се намалява нагряването на камерата от продължителния ток в нормален режим. При изключване, задвижващия механизъм на прекъсвача преодолява атмосферното налягане и удържа контактите в отворено положение. Високите електроизолационни свойства на вакуума осигуряват изключване на веригата при ход на подвижния контакт около 10 mm. Поради това задвижването е леко, икономично и компактно. Системата от екрани 7, 8 и 9 изравнява електрическото поле в камерата, предпазва от метализация керамиката, а също вакуумното уплътнение б от прогаряне, вследствие температурата на електрическата дъга. Камерите допускат произволно работно положение в пространството и се монтират към електрическата верига на прекъсвача чрез болтови връзки с фланците 11, откъм неподвижните контакти. Подвижните тоководещи части се присъединяват към електрическите вериги чрез розетъчни или гъвкави ламелни връзки.

IV. УСТРОЙСТВО И ДЕЙСТВИЕ НА ВАКУУМЕН ПРЕКЪСВАЧ ВБЧ-10-20

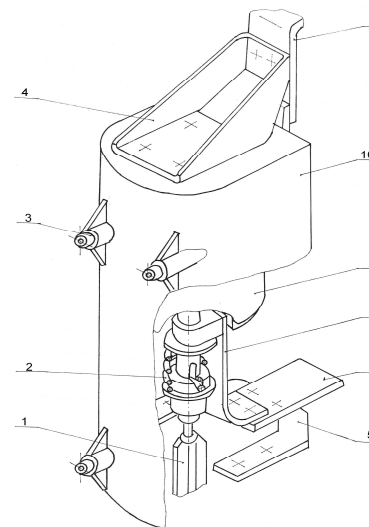
Изучава се конструкцията, устройството и действието на триполусен прекъсвач тип ВБЧ-10-20, с електромагнитно задвижване, приложим в КРУ за напрежение 10 kV, подходящ за използване при чести комутации, с номинален ток на изключване 20 kA – фиг.2.



Фиг. 2. Общ вид на прекъсвача

1 – количка; 2 – носеща рама от алуминиеви елементи; 3 – изолационни тягови пръти; 4 – електрически полюси (вакуумни камери); 5 – лицева плоча; 6 – управляващ блок; 7 – ръчка за управление на механичната блокировка, фиксираща количката в шкафа на КРУ; 8 – бутон за аварийно ръчно изключване; 9 – механизъм за запиране и свободно изключване; 10 – механизъм за фиксиране в шкафа на КРУ; 11 – колела; 12 – шина за заземяване на количката към шкафа на КРУ; 13 – вградено електромагнитно задвижване с пряко действие; 14 – направляващи ролки за насочване на количката в шкафа на КРУ; 15 – основен вал на прекъсвача; 16 – механична блокировка срещу изваждане на количката; 17 – пневматичен буфер.

Електрическите полюси се състоят от вакуумни дъгогасящи камери (ВДК) монтирани върху изолационни корпуси, укрепени към рамата на прекъсвача – фиг.3.

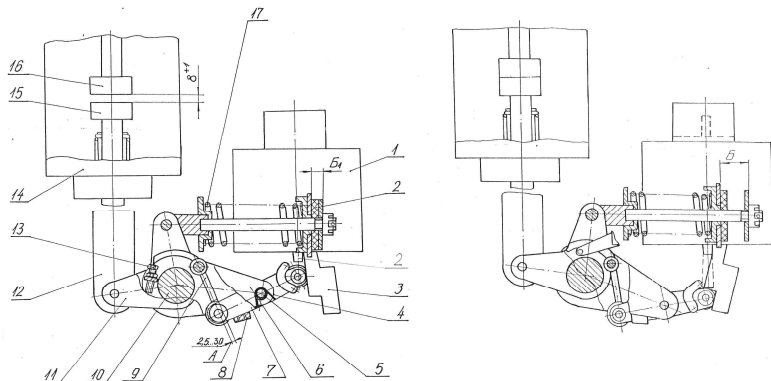


Фиг.3. Електрически полюс на прекъсвача

1 – изолационен прът (тяга) за връзка със задвижващия механизъм; 2 – пружинен притискащ възел, осигуряващ контактен натиск след включване на контактите; 3 – шпилки за укрепване; 4 – опорна конзола и 5 – планка за укрепване на контактните ножове 6 и 7 към изолационния корпус; 8 – гъвкава връзка към подвижния контакт; 9 – вакуумна дъгогасяща камера; 10 – изолационен корпус.

Включването на прекъсвача се извършва от тяговото усилие на електромагнит за включване. Изключването става за сметка на енергията, която се запасява предварително в изключваща пружина при операцията включване.

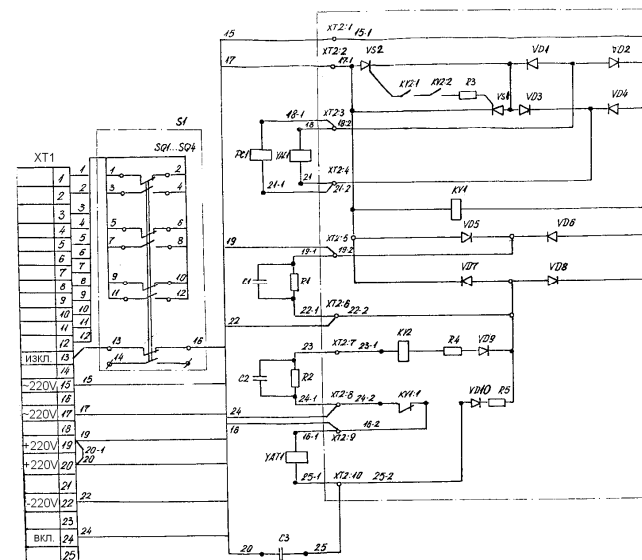
На фиг. 4 е представена кинематична схема на задвижващия механизъм. В изходно положение контактите 15, 16 на вакуумната камера 14 се удържат в изключено положение от изключваща пружина 17.



Фиг. 4. Кинематична схема на задвижващия механизъм

При подаване на напрежение към bobината на включващия електромагнит 1, котвата му се привлича и чрез изтласквача 2 въздейства върху ролката на кобилицата 7. Кобилицата чрез втората си ролка, която е в контакт със запиращия механизъм 9 завърта вала 10. С лостовите 11 и изолационните тягови пръти 12 се притискат подвижните контакти 15 към неподвижните 16 и едновременно се свива изключващата пружина 17. Фиксиращия зъбец 3, укрепен шарнирно на задвижването се завърта и от действието на притискащата сила на пружината 17 фиксира прекъсвача във включено положение. Котвата и изтласквача на включващия електромагнит се връщат в изходно положение под действие на вградена възвратна пружина, след завършване на командата за включване. Възможно е ръчно включване от място. На дясната страна на рамата е изведено четиристенно гнездо, свързано със задвижващия вал. Чрез лост поставен в него, при натискане надолу, прекъсвачът се включва. При подаване на напрежение на електромагнита за изключване, неговата котва въздейства на лост, който нарушава връзката на запиращия механизъм 9 с кобилицата 7, тя се завърта по часовниковата стрелка, като освобождава фиксиращия зъбец 3. Под действие на пружината 17 и пружините от притискащите възли контактите в камерите се изключват. Кобилицата 7 се възвръща в изходно положение от пружината 4, с което прекъсвачът се подготвя за повторно включване. Ръчно изключване от място се извършва чрез аналогично въздействие върху запиращия механизъм 9 посредством аварийен бутон – позиция 8, фиг. 2.

Управляващият блок в задвижващия механизъм осигурява дистанционно управление с изпълнение на основните принципи и изисквания при включване, изключване, блокировка и сигнализиции. На фиг. 5 е показана електрическата схема на блока за оперативно управление



Фиг. 5. Електрическа схема на блок за управление

Управляващият блок се захранва с променливо напрежение, чрез клемите 15 и 17 на клеморедата XT1. Диодният изправителен мост VD5 – VD8 формира постоянно оперативно напрежение 220 V, което се изглажда от филтъра C₁ – R₁ и се подава на клемите 19 и 22. Диодният изправител VD1 – VD4 осигурява захранване на електромагнита за включване YAC1. Контактът SA1:1 от ключа за управление SA1, с който се подава команда за включване се свързва към клемите 20 и 24 на клеморедата XT1, съответно контактът за изключване SA1:2 - към клемите 13 и 19.

При дистанционна команда за включване от ключа за управление, контактът SA1:1 се затваря. Реле KV2 се захранва и заработва от диодния мост VD5– VD8 през паралелно свързаните елементи C₂ – R₂. Контактите KV2:1 и KV2:2 се затварят, отпушват се тиристорите VS1 и VS2, с което се осигурява променливо напрежение на диодите VD1 – VD4 и съответно се подава постоянно токово захранване на включващия електромагнит YAC1. Времето на зареждане на кондензатора C₂ е около 250 ms и осигурява необходимата продължителност на протичане на ток през намотката на електромагнита YAC1, за да се включи прекъсвача. След зареждане на C₂ през намотката на релето KV2 вече не протича ток, контактите KV2:1 и KV2:2 се отварят, тиристорите VS1 и VS2, се запушват и се сменя захранващото напрежение върху YAC1. Така се реализира изискването за ограничаване на продължителността на подаване на управляващата команда. След завършване на командата за включване и

отваряне на контакта SA1:1, кондензаторът C_2 се разрежда за около 250 ms през R_2 , с което се подготвя включващата верига на прекъсвача за нова операция включване.

Схемата осигурява изключване на прекъсвача ако в процеса на включването му оперативното напрежение се понижи под допустимото ниво. В такъв случай релето KV1 отпуска котвата си, контактът му KV1:1 се затваря и ако е подадена команда за включване чрез контакта SA1:1, кондензатор C_3 се разрежда през електромагнита YAT1 и прекъсвачът се изключва. Диодът VD10 не допуска самопроизволно разреждане на кондензатора C_3 , а R_5 ограничава разрядния му ток. Съответно резисторът R_4 и диодът VD9 не позволяват кондензатора C_3 да се разрежи през намотката на включващото реле KV2. Броячът на включванията PC1 е свързан паралелно на YAC1.

При дистанционна команда за изключване от ключа за управление, контактът SA1:2 се затваря. Предварително заредения кондензатор C_3 се разрежда през намотката на електромагнита за изключване YAT1. Блок-контактът SQ1:4 на прекъсвача ограничава продължителността на изключващата команда.

Вакуумните прекъсвачи притежават следните основни общи белези и характеристики, които определят приложението им: - имат висок комутационен ресурс; интервалите от време за текущи прегледи и техническо обслужване се определят не от камерите, а от механичната устойчивост на задвижващия механизъм; сравнени с маслените, вакуумните прекъсвачи имат по-добри показатели като изключваща способност, безопасна работа и опростено обслужване, надеждност и работоспособност в екстремални условия.

Качествата на прекъсвачите с вакуумни камери са следните:

1. Автономност на работата, изразяваща се в независимост от допълнителни източници на енергия, не е необходима каквато и да е газова или течна дъгогасяща среда, не се отделят навън горещи газове или пламъци.

2. Голямо бързодействие. При изключване на големи токове, дъгите изгасват при първото им преминаване през нулата. Пълното време за изключване на прекъсвача е около 0,04 s, а гасенето на дъгата – 0,01 s.

3. Малко износване на контактите, вследствие малките енергии на дъгите, кратките времена за действието им и вакуумната среда. Тези качества осигуряват голям експлоатационен срок и чести комутации, от порядъка на десетки и стотици хиляди.

4. Малък ход на контактите, поради което камерите имат малки габарити, а задвижващите механизми са опростени и икономични.

5. Висока комутационна способност, включително при изключване на близки к.с. и на капацитивни токове.

6. Надеждна работа в широк температурен диапазон на околната среда и възможност за произволно пространствено разположение.

7. Безшумно действие, взривна и пожарна безопасност, не са необходими специални надзорни или обслужващи дейности.

Насоките, в които се усъвършенстват вакуумните прекъсвачи са намаляване на габаритите и масата на камерите, подобряване на дъгогасенето чрез надлъжно магнитно поле, използване на специални контактни материали на основата на хром и мед и др.

Като недостатък на вакуумните прекъсвачи следва да се посочи повишената чувствителност на механични въздействия при транспорт и монтаж. Вакуумните камери имат сравнително сложна технология на изработване, относително висока цена и не подлежат на ремонт. Най-съществен недостатък е възможността за комутационни пренапрежения при изключване на малки индуктивни токове поради внезапно прекъсване (срязване) на тока, преди естественото му преминаване през нулата.

Съвременните вакуумни прекъсвачи са с голямо приложение в разпределителните уредби на средно напрежение. Подходящи са за случаите, при които има чести превключвания на трансформатори, мощни, електрически двигатели, пещи и електропроводи. В нашата страна не се използват в уредби за и над 110 kV, където други типове прекъсвачи имат предимства.

V. ПРОГРАМА И УКАЗАНИЯ ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА УПРАЖНЕНИЕТО

1. Изучават се особеностите на физичните процеси при горене и гасене на електрически дъги във вакуум.

2. Запознаване с конструкцията, устройството и действието на вакуумна дъгогасителна камера за средно напрежение.

3. Разглежда се конструкцията на описания вакуумен прекъсвач. Обръща се внимание на специфичните възли от задвижващия механизъм, осигуряващи бързодействие при включване и изключване. Обяснява се взаимодействието на основните механични елементи.

Ръчно местно управление

На лабораторната уредба представляваща комутационен възел, реализиран с вакуумен прекъсвач се извършва включване чрез лоста за местно управление и изключване от бутона за ръчно изключване. Повтаря се операцията за механично включване и се изпробва действието на системата за фиксиране и блокиране в работно положение на комутационния блок. Използва се ръчката за управление на механичната блокировка - позиция 7 от фиг. 2. При изправна система, следва да се реализира автоматично изключване на прекъсвача, след което да стане възможно количката на блока да бъде преместена.

Дистанционно управление

Подава се променливо захранващо напрежение 220 V към уредбата. Използва се схемата за дистанционно управление и сигнализация

реализирана на секцията, представляваща командно табло на присъединение. За управление на прекъсвача се използва шестпозиционен команден ключ тип SM2, а за сигнализиране положението на шинния и заземяващия разединител – диодни светлинни показатели. Свързват се индивидуалните пускови вериги на прекъсвача с централните устройства на лабораторията за аварийна звукова и светлинна сигнализация. Осъществяват се различни комбинации на дистанционно и местно ръчно управление, при което се анализира действието и получаваните сигнали.

От комплектното цифрово устройство, монтирано на релейната секция на лабораторната уредба се реализира дистанционно телемеханично управление и се анализира работата на прекъсвача и задвижващия го механизъм при ръчно и автоматично управление.

VI. КОНТРОЛНИ ВЪПРОСИ

1. Какъв е принципът на дъгогасене във вакуумните прекъсвачи?
2. Защо е висока скоростта на нарастване на електрическата здравина на пространството между контактите след преминаване на тока през нулата?
3. От какви материали се изработват контактите на вакуумните прекъсвачи и по какви причини?
4. На какво се дължи износоустойчивостта на контактите във вакуумните камери?
5. Предназначение на металните екрани и силфонното уплътнение във вакуумните камери?
6. Защо е малък пълният ход на контактите във вакуумните прекъсвачи и от какъв порядък е?
7. Защо е необходима висока скорост на движение на подвижния контакт при включване и изключване?
8. Коя е причината за възникването на пренапрежения при изключване на малки индуктивни токове с вакуумни прекъсвачи?
9. Защо е целесъобразно изключването на капацитивни токове с вакуумни прекъсвачи?
10. Основни качества, недостатъци и области на приложение на вакуумните прекъсвачи?

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 5

ИЗСЛЕДВАНЕ НА КОМУТАЦИОНЕН БЛОК ОТ КОМПЛЕКТНО РАЗПРЕДЕЛИТЕЛНО УСТРОЙСТВО

I. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

Изучаване на устройството, особеностите и изследване на действието и основните комутационни, блокировъчни, сигнални и защитни функции на комутационен блок от комплектно разпределително устройство (КРУ) за средно напрежение.

II. ОБЩИ СВЕДЕНИЯ ЗА КОМПЛЕКТНИ РАЗПРЕДЕЛИТЕЛНИ УСТРОЙСТВА

За приемане и разпределение на електрическата енергия в системата за собствени нужди на електрическите централи, в разпределителните подстанции на електроенергийната система (ЕЕС), в преобразователните подстанции на потребителите от всички категории намират широко приложение комплектни разпределителни устройства. Отделните шкафове на КРУ се комплектоват с електрически апарати за високо напрежение, релейни защиты и автоматика, управляваща, измерителна, блокираща и сигнална апаратура. Използването на КРУ намалява сроковете за проектиране и строителство, размерите, обемите и стойността на енергийните обекти, повишава експлоатационната сигурност, маневреност и безопасност. Конструкциите на шкафове с подвижен елемент (количка) осигуряват при повреда бързо заменяне на прекъсвач или друго съоръжение, поради което са най-удобни и разпространени в практиката.

Върху носещата конструкция на количката в горната и долната ѝ част се монтират щепселни контактни съединения изпълняващи функциите на подвижни контакти на шинен и линеен разединител, които образуват с прекъсвача комутационен блок. Неподвижните разединяващи контакти се укрепват върху конструкцията на шкафа в сектора, където е работното положение на подвижния елемент с комутационния блок. Техническите параметри и конструктивните особености на шкафовете в КРУ се определят основно от прекъсвача в комутационния блок. В последните 20 години започна разширено производство и масово приложение на вакуумни и елегазови прекъсвачи. Това е основна предпоставка за намаляване на габаритите на КРУ и подобряване на експлоатационните им характеристики като намалена взривна и пожарна опасност, увеличен експлоатационен ресурс, повишено бързодействие, механична и комутационна устойчивост. Маломаслените прекъсвачи са с относително по-проста конструкция и по-ниска цена, поради което използването им се запазва устойчиво в обекти, без

специални изисквания за бързодействие, увеличен междуремонтен период, честота на операциите и др.

Комутационният блок трябва да издържа неограничено време работа с номинален ток и напрежение и всички възможни комутационни операции като изключвания и включвания при номинални токове, изключвания на токове при претоварване и къси съединения (к.с.), изключвания на капацитивни токове от кондензаторни батерии или индуктивни токове от ненатоварени трансформатори, включване при к.с. и др. Най-отговорна операция за комутационния блок е изключване на т.к.с., при което освен прекъсвача и останалите елементи на КРУ се намират в напрегнато състояние.

Спрямо корпуса на шкафа подвижният елемент има работно, контролно и ремонтно положение. Работното състояние се фиксира в шкафа като първичните и вторични вериги са включени и това съответства на нормалната работа на КРУ.

В контролна позиция количката също се фиксира в шкафа, като щепселните контакти в първичните вериги са разединени и се намират на безопасно разстояние един от друг, съгласно нормите за изпитателните и разрядните напрежения. Разединяващите контакти във вторичните вериги са включени с допълнителни преносими щепселни удължители, за да е възможно изпробването на прекъсвача и задвижването му. Допустимо е вторичните вериги да бъдат изключвани, чрез разединяване на свързващите ги куплунзи като количката се фиксира в положение, несъпадащо с контролното, което изключва произволното ѝ преместване вътре в шкафа.

При ремонтно състояние подвижната количка е извън шкафа и всички вериги са изключени и разединени, а неподвижните щепселни разединяващи контакти от първичните вериги в шкафа се закриват от автоматични щори.

За гарантиране на безопасна работа се предвиждат следните основни блокировки в шкафовете на КРУ, които не допускат:

- предвижване на количката от работно или от контролно в работно положение при включен прекъсвач;
- включване на прекъсвача, ако количката е в междинно състояние между работно и контролно;
- предвижване на количката от контролно в работно положение при включени ножове на заземителния разединител;
- включване или изключване на щепселните контакти, изпълняващи функциите на шинен и линейен разединител, ако прекъсвачът е включен;
- включване на щепселните контакти на количката (разединителите) при включен заземителен разединител и обратно;

- включване на заземителен разединител в даден шкаф ако в работно положение са количките на други шкаfoве, от които може да се подаде напрежение в шкафа където се намира заземителния разединител;

- предвижване в работна позиция на количките в шкафовете, от които може да се подаде напрежение към даден шкаф, в който заземителния разединител е включен

Ремонтът на електрическите съоръжения от комутационния блок се извършва след предвижване на подвижния елемент в ремонтно положение. След изваждане на количката от шкафа всички тоководещи части на първичните вериги, които могат да се окажат под напрежение са ограждат (закриват) чрез защитни щори, имащи устройство за заключване. За сигурно заземяване конструкцията на подвижния елемент има двоен, непрекъснат пълзящ електрически контакт с корпуса на шкафа по цялата дължина от работно до контролно положение на комутационния блок.

Най-разпространени са КРУ за средно напрежение до 20 kV, в които основната изолация е въздух, а прекъсвачите са маломаслени, електромагнитни, вакуумни или елегазови, за работни токове до 3150 А и изключвателни токове до 40 kA. Шкафовете съдържащи комутационен блок са основните във разпределителните уредби и се прилагат за въводни, изводни присъединения и секционни вериги. Приложими са също и съвременни конструкции на КРУ, в които основна изолация на шкафовете е елгаз (SF6).

За напрежения от 110 kV нагоре се използват КРУ за закрит монтаж с изолация от елгаз. Предимствата на елегаза като свършена електрическа изолация се пренасят върху качествата на уредбата – компактност, надеждност, безопасност, голям междуремонтен период и др.

III. УСТРОЙСТВО НА КОМУТАЦИОНЕН БЛОК С МАЛОМАСЛЕН ПРЕКЪСВАЧ

На фиг. 1 е показан разрез на шкаф, в който комутационния блок е монтиран на количка с маломаслен прекъсвач тип ВМПЭ-10. Особеностите на комутационния блок влияят на експлоатацията и сигурността на цялото КРУ.

Шкафът се състои от три модула: корпус, подвижен комутационен блок и релеен шкаф. Корпусът на шкафа е разделен чрез прегради и щори от листовата стомана на четири сектора (отсека, камери): за събирателните шини, за горните щепселни контакти (шинни разединители), за подвижния комутационен блок, за долните щепселни контакти (линейни разединители) към линейните присъединения. В шинния отсек събирателните шини са укрепени върху подпорни изолатори разположени във върховете на триъгълник. Отклонителните шини преминават през проходни изолатори в

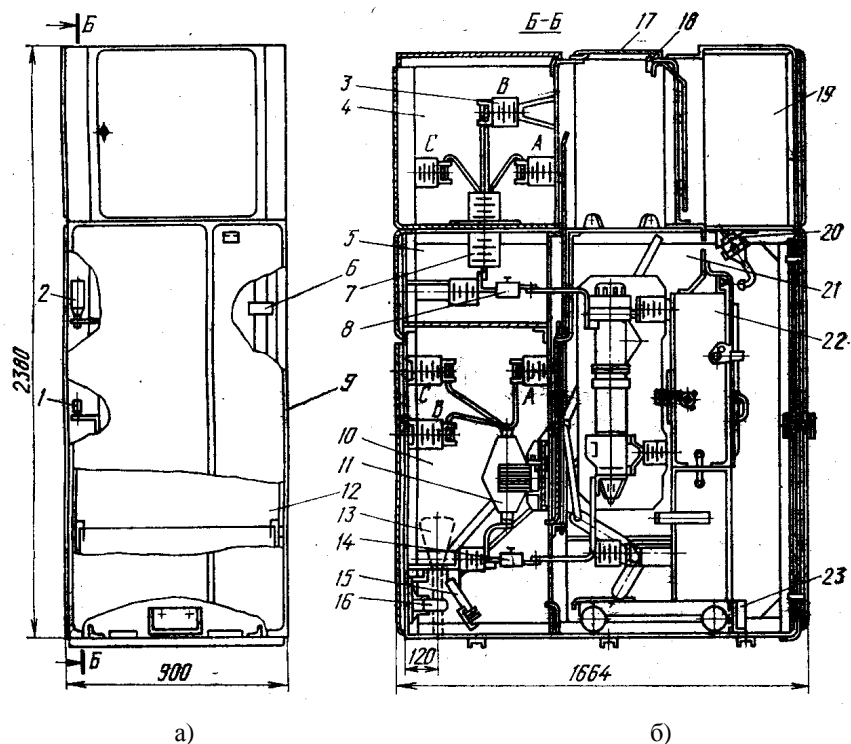
камерата на шинните разединители и се свързват с горните неподвижни щепселни контакти.

При изваждане на подвижния комутационен блок от неговия сектор, отворите към другите два отсека - на шинните разединители и на линейните присъединения се закриват от автоматично спускащи се щори, за да се изключи достъпа до неподвижните щепселни контакти, които остават под напрежение. В линейния сектор се разполагат токови трансформатори за измервателни и защитни цели, заземителен разединител, трансформатори тип "Феранти" за токове с нулева последователност и монтажен възел (кабелна сборка) за присъединяване на до 5 силови кабели.

Всички части на съоръженията в КРУ, които нормално не са под напрежение се свързват със заземения корпуса на шкафа, за да се осигури безопасност при повреди в изоляцията.

В камерата на комутационния блок са монтирани ъглови профили за предвижване и направляване на количката, плъзгащи контакти за заземяването ѝ, лостова система за задвижване на предпазните щори, механизъм за задвижване на заземителния разединител и контролни кабели със щепселни съединения за вторичните вериги.

Камерата, в която се намира комутационния блок има дъгова защита, ограничаваща последиците от открити електрически дъги. При к.с. въздухът се нагрява много бързо, налягането се увеличава, и за да се избегнат деформациите на шкафа и изхвърляне на горещи газове в обслужващия коридор, защитата сработва автоматично и предотвратява недопустимите динамични въздействия. Дъговата защита в шкафа използва контактите на крайни изключватели, свързани с положението на разтоварващ клапан. Клапанът нормално е затворен. При отварянето му от действието на газовете с повишено налягане той предизвиква затваряне на контактите на крайни изключватели, които формират импулс за изключване на прекъсвача във захранващата верига. Дъговата защита действа без закъснение – времето от възникването на електрическа дъга до затварянето на крайните изключватели не превишава 0,02 s.



Фиг.1. Шкаф от КРУ с маломаслен прекъсвач тип ВМПЭ

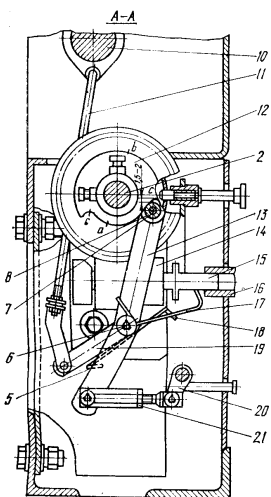
а) изглед на лицевата страна, б) разрез на шкафа

1- фиксатор за положението на количката в шкафа; 2, 18 - крайни изключватели на дъговата защита; 3 - опорен изолатор; 4 - отсек на събирателните шини; 5 - отсек на горните (шинни) разединяващи контакти в първичната верига; 6 - пластина застопоряваща количката при транспортиране на шкафа; 7 - проходен изолатор; 8, 14 - горен и долен разединяващи контакти, изпълняват функциите на шинен и линейен разединител; 9 - корпус на шкафа; 10 - линейен отсек; 11 - токов трансформатор; 12 - предпазна щора; 13 - монтажен възел за укрепване на кабелните краища (разделка); 15 - заземителен разединител; 16 - токов трансформатор за токове с нулева последователност; 17 - клапан, който се отваря при възникване на електрическа дъга; 19 - релеен шкаф; 20 - щепселни съединения за вторичните вериги; 21 - отсек на подвижния елемент; 22 - комутационен блок; 23 - ъгъл от профилна стомана, за застопоряване на количката при транспорт.

Извеждането на комутационния блок от контролно в ремонтно положение и обратно се извършва ръчно чрез две ръкохватки на рамата на количката. Въвеждането на блока от контролна в работна позиция става първоначално ръчно, след това със специален лостов механизъм на рамата на количката се довършва окончателно предвижването ѝ, с което се постига пълно и точно включване на щепселните контакти на разединителите и останалите механизми. Точно насочване на количката се реализира чрез вал на краищата, на който са монтирани двураменни лостове с ролки. Валът лагерува на стойки върху рамата на прекъсвача, заедно с червячен редуктор за предвижване от работно в контролно положение и обратно.

На фиг. 2 е показан общ механизъм за предвижване и фиксиране на комутационен блок с прекъсвач тип ВМПЭ в шкафа. Фиксиране се осъществява с временно съединение между рамата на количката и конструкцията на шкафа.

При въвеждане на количката в шкафа от ремонтно положение, ролките на двураменните лостове попадат във водачите за точно позициониране на корпуса. Окончателно и точно количката се въвежда в работната си позиция със завъртане на червячния редуктор и вала за предвижване посредством преносима ръчка.



Фиг. 2. Механизъм на предвижване и фиксиране на подвижен комутационен блок
2 – вал на механизма за преместване и фиксиране на количката; 5, 18 – пружини; 6, 7 – оси; 8 – ролки; 10 – вал на прекъсвача; 11 – съединителен прът; 12 – ексцентрик; 13 – блокировъчен лост; 14 – червячен редуктор; 15 – вал на червячния редуктор; 16 – преносима ръчка; 17 – преградна клапа; 19 – лост; 20 – запиращ механизъм (ключалка); 21 – тягов прът.

Подвижният комутационен блок се блокира чрез ексцентрик 12 укрепен на вала на механизма за преместване. Механизмът е механично свързан със запиращата ключалка 20, която действа върху изключвателния

механизъм на прекъсвача. Когато прекъсвачът е включен, преградна клапа 17 закрива достъпа до вала на червячния редуктор и преносимата ръчка 16 не може да се постави и използва за преместване на количката от работно в контролно положение или обратно. Ако ръчката е поставена предварително в гнездото си, тогава клапата не пречи прекъсвачът да бъде включен.

Запиращият механизъм 20 може да се задейства още от изключвателния електромагнит или от бутона за местно изключване на прекъсвача.

В междинно положение на количката блокиращият ексцентрик въздейства на механизма за свободно отделяне на прекъсвача и го изключва. Ексцентрикът 12 има особен профил: участък *a* – с най-малък радиус и съответства на работно и контролно положение на количката; зона *b* – с максимален радиус, за междинна позиция; сегмент *c* – участък, в който количката е блокирана неподвижна.

Преградната клапа 17 има две фиксирани положения, съответстващи на включен и изключен прекъсвач. Ако е необходимо количката да се премести от работна позиция, трябва да се изключи прекъсвача, така неговия вал отклонява клапата и се открива гнездото за преносимата ръчка, чрез която е възможно да се задвижи червячния редуктор 14. При завъртане на ексцентрика 12 ролката 8 преминава от участък *a* в зоната *b* и завърта блокиращия лост 13, който чрез кинематична лостова схема задейства възела за свободно разделяне от задвижващия механизъм на прекъсвача и така става невъзможно включването му в междинно положение. В участъка *c* блокировката заработва и количката остава неподвижна.

Клапата 17 и лоста 19 са свързани с пружина, която измества лоста спрямо клапата, с което се избягва счупване на блокировъчния механизъм при включване на прекъсвача с поставена ръчка на вала на червяка.

Заземителният разединител се състои от вал, към който са заварени три двойки стоманени пластини с медни накрайници. Пластините по двойки са притиснати с пружини, за осигуряване на нормиран контактен натиск. Валът е монтиран на лагери и е свързан чрез гъвкава връзка със заземяния корпус на шкафа. Задвижващата лостова система на заземителните ножове има механична блокировка, която не допуска вкарването на количката с комутационния блок в работно положение ако заземителния разединител е включен.

Освен разгледаните механични блокировки, осигуряващи както безопасно предвижване и позициониране на подвижния елемент в три положения така и заземяване на първичните вериги в КРУ се предвиждат и електромагнитни блокировки, крайни изключватели както в описаната дъгова защита и др.

IV. ПРОГРАМА И УКАЗАНИЯ ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА УПРАЖНЕНИЕТО

1. Запознаване с конструкцията, устройството и принципа на действие на комутационен блок, изграден като подвижен елемент от КРУ.

2. Изучаване на основните експлоатационни блокировки, действащи на комутационния блок при различни функционални ситуации.

3. Изследване действието на механизъм за преместване и фиксация на подвижен комутационен блок в три основни експлоатационни позиции.

4. Съставяне на схема на връзките между елементите от вторичните вериги за управление, блокировки и сигнализация на комутационен блок.

Задача 1 се изпълнява с помощта на комутационен блок с прекъсвач ВМПЭ, монтиран на подвижна платформа (количка). Изучават се конструктивните особености на щепселните разединяващи контакти. Изпълняват се контролни функционални изпитвания на прекъсвача като се реализира ръчно подаване на команди – включване и изключване от устройствата за местно управление. Установява се състоянието на задвижващия механизъм и основните механични и електрически възли на полюсите на прекъсвача. С мегаомметър за 1000 V се измерва изолационното съпротивление на основните електрически елементи и се прави заключение относно възможността да бъде подадено оперативно напрежение на комутационния блок за извършване на регламентираните електрически изпитвания.

2. Разглежда се действието на конструктивните възли реализиращи различни експлоатационни блокировки. Демонстрира се работата на конкретни блокировки, посочени от ръководителя на упражнението за определени ремонтни, контролни или работни ситуации на количката и комутационния блок.

3. Изпълняват се необходимите манипулации за предвижване на количката с комутационния блок от работно в контролно и ремонтно положение и обратно. Използва се специална преносима ръчка за точно насочване, центриране и предвижване. Преднамерено се създават ситуации за симулиране на отказ и се проследява действието на основните конструктивни възли, осигуряващи отчетливо позициониране на блока в три експлоатационни положения. Анализират се резултатите и се правят заключения относно сигурната и правилна работа на устройствата.

4. Съставя се електрическа схема на връзките между спомагателните контакти от задвижващия механизъм, вътрешните клемореди и щепселните съединения, чрез които се осъществяват вторичните схеми за управление, блокировка и сигнализация. Прозвъняват се монтажните връзки и се маркират със стандартни буквено-цифрени означения.

V. СЪДЪРЖАНИЕ НА ОТЧЕТА ЗА УПРАЖНЕНИЕТО

Отчетът съдържа текстова и схемна част.

Текстовата част включва:

- параметри на изучаваните елементи от първичните и вторичните вериги;

- описания на изследваните действия на разгледаните устройства и възли;

Схемната част представлява:

- скица на възел или елемент от изучавания комутационен блок, посочен от ръководителя на упражнението;

- принципна схема на спомагателните елементи и вериги на прекъсвача.

Отчетът завършва с анализи и изводи.

VI. КОНТРОЛНИ ВЪПРОСИ

1. Обща характеристика на комплектните разпределителни устройства.
2. С какви основни елементи се изгражда подвижен комутационен блок?
3. Колко позиции може да има комутационния блок спрямо шкафа?
4. Какви основни блокировки за безопасна експлоатация се предвиждат в КРУ?
5. Какви камери (отсеци) се оформят в шкаф съдържащ комутационен блок?
6. Какво е действието на дъговата защита в шкаф от КРУ?
7. Как става извеждането и въвеждането на комутационен блок в шкафа на КРУ?
8. Какво е предназначението на механизма за предвижване и фиксиране?
9. Кои елементи в шкафа на КРУ се заземяват и защо?
10. Има ли включени вериги при изведен комутационен блок извън шкафа?

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 6

ИЗПИТВАНИЯ НА ИЗМЕРВАТЕЛНИ ТРАНСФОРМАТОРИ ЗА ТОК

I. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

Запознаване с общото устройство, специфичните функционални особености, проверките за изправност и формата за отчитането им в експлоатационни условия на измерителни трансформатори за ток.

II. ОБЩИ СВЕДЕНИЯ ЗА ИЗМЕРВАТЕЛНИТЕ ТРАНСФОРМАТОРИ

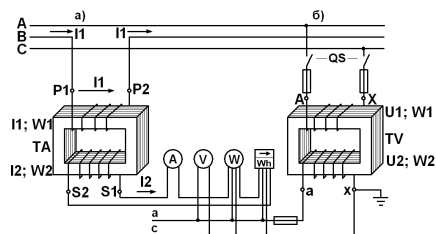
В електрическите уредби за високи напрежения и във веригите с големи стойности на протичащите токове се използват измерителни трансформатори за напрежение и ток със следните основни функции:

1. Преобразуват измерваните величини в безопасни и подходящи стойности, които удобно се подават към унифицирани контролно-измерителни прибори, релета и автоматични устройства.
2. Разделят първичните високоволтови от вторичните нисковолтови вериги, при което се облекчава обслужването на вторичните апарати.
3. Осигуряват възможности за дистанционно измерване, контрол, защита и автоматизация.

Основни елементи на измерителните трансформатори са: магнитопровод, първична и една или повече вторични намотки, изолация и носеща конструкция. Изискванията към тези апарати са: висока точност на измерванията, сигурност, простота и удобство в експлоатацията.

Измерителните трансформатори като елементи на първичните вериги се монтират в разпределителни уредби. Приборите за измервания и апаратите за защита и автоматика се разполагат на пултове и табла в командните зали, като заедно с контролните кабели, които ги свързват с измерителните трансформатори образуват вторичната комутация.

На фиг. 1 в показано принципно устройството и свързването на измерителни трансформатори за ток (ИТТ) и напрежение (ИТН).



Фиг. 1. Принципно устройство и свързване на измерителен трансформатор за ток (ТА) и за напрежение (ТВ)

При евентуални повреди на изолацията на първичните намотки е възможно преминаване на висок потенциал във вторичните вериги, което е опасно за нисковолтовите апарати и обслужващия персонал.

За ограничаване на последиците от появата на високо напрежение във вторичните намотки след пробив на изолацията задължително се заземява един от изводите на всяка вторична намотка.

За правилно присъединяване на измерителните трансформатори към първичните и вторични вериги, изводите на намотките им се маркират. В таблица 1 са дадени някои стандартни маркировки.

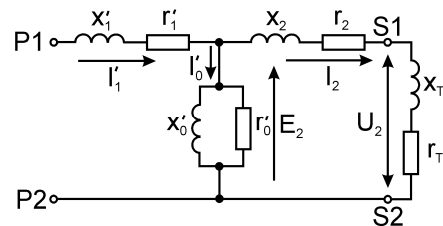
Таблица 1

Вид на трансформатора	Намотка	БДС		ГОСТ		DIN	
		P1	P2	Л1	Л2	К	L
Токов – ТА	първична-начало/край	P1	P2	Л1	Л2	К	L
	вторична-начало/край	S1	S2	И1	И2	k	l
Напреженов - TV	първична-начало/край	A	B(X)	A	X	U	V
	вторична-начало/край	a	b(X)	a	x	u	v
	Допълнителна - начало/край	e	n	a _д	x _д		

III. П Р И Н Ц И П НА ДЕЙСТВИЕ И ОСНОВНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ИТТ

Заместваща схема и векторна диаграма

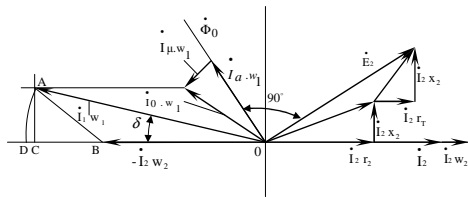
Първичният ток \dot{I}_1 , измерван от ИТТ не се влияе от параметрите на трансформатора и свързаните към него апарати, а зависи само от параметрите на първичната верига, поради което се приема за зададена величина. Ако преобразуването на тока не е свързано със загуби на енергия може да се напише $\dot{I}_1/\dot{I}_2 = w_2/w_1 = n$ – коефициент на трансформация на идеален трансформатор. В реален ИТТ първичното магнито-движещо напрежение (м.д.н.) $\dot{I}_1 \cdot W_1$ на първичната намотка W_1 създава вторичното м.д.н. $\dot{I}_2 \cdot W_2$ и допълнителното $\dot{I}_0 \cdot W_1$, което намагнитва магнитопровода и покрива двете загуби на енергия, т.е. $\dot{I}_1 \cdot W_1 = \dot{I}_2 \cdot W_2 + \dot{I}_0 \cdot W_1$. На фиг. 2 е показана заместваща схема на ИТТ, за която чрез привеждането I_1/n и $I'_0 = I_0/n$ реалният ИТТ е заменен еквивалентно от трансформатор с коефициент на трансформация равен на единица, при което: $\dot{I}'_1 = \dot{I}_2 + \dot{I}'_0$.



Фиг.2. Заместваща схема на ИТТ

Загубите на мощност за създаване и прокарване на магнитен поток, за пренамагнитване на стоманата, от нагряване на намотката и вихровите токове се представят от тока I'_0 в намагнитващия контур $r'_0 + jx'_0$.

На фиг. 3 е показана векторната диаграма на ИТТ. При построяването ѝ е приет за основен векторът \dot{I}_2 . Определен е по геометричен път векторът \dot{E}_2 , а от него – направлението на магнитния поток Φ_0 . Намерени са съставките и пълното намагнитващо м.д.н. $\dot{I}_0 \cdot W_1$. Геометричната сума на векторите $-\dot{I}_2 \cdot W_2$ и $\dot{I}_0 \cdot W_1$ дава вектора $\dot{I}_1 \cdot W_1$.



Фиг. 3. Векторна диаграма на ИТТ

От векторната диаграма се вижда, че част от енергията подавана към първичната намотка отива за намагнитване, вследствие на което възниква грешка в големината на измервания ток и във фазата на вторичния ток.

Грешки на ИТТ

Аритметичната разлика между векторите $\dot{I}_1 \cdot W_1$ и $\dot{I}_2 \cdot W_2$ е отсечката BD, която характеризира токовата грешка, вж. фиг. 3. При номинални стойности на първичния и вторичния ток, отношението им $K_H = I_{1H} / I_{2H}$ представлява номиналния коефициент на трансформация. В реален ИТТ действителния първичен ток винаги се отличава от стойността му получена с измерване. Действителният коефициент на трансформация зависи от режима на работа, т.е. $K_d = I_1 / I_2 \neq \text{const}$. Така токовата грешка на ИТТ като резултат от грешката

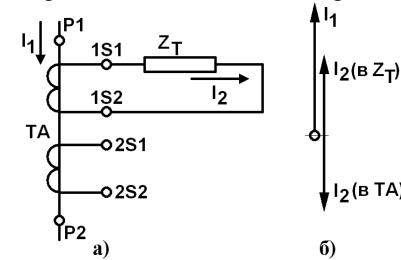
в коефициента на трансформация, изразена в % е: $\epsilon_{1\%} = \frac{K_d \cdot I_2 - K_H \cdot I_2}{K_H \cdot I_2} \cdot 100$.

Съществува още ъглова грешка δ , представляваща ъгъла между вектора на първичния ток и завързания на 180° вектор на вторичния ток, която се приема за положителна ако векторът $(-\dot{I}_2)$ изпреварва вектора \dot{I}_1 . От векторната диаграма на фиг. 3 се вижда, че грешките зависят от резултантното м.д.н. $\dot{I}_0 \cdot W_1$ т.е. от магнитните свойства на магнитопровода, от съпротивленията на вторичната намотка и товара $\dot{I}_2 \cdot \cos \phi$, от \dot{I}_1 и др.

Маркировка на изводите на ИТТ

Измерителните апарати, релета и автоматични устройства реагиращи на съвместното действие на повече от една величина (ток и напрежение) се свързват при строго съответствие между поляритета на намотките им и намотките на ИТТ. Началата и краищата на намотките на ИТТ се определят и маркират при спазване на едни и същи правила: - за начало P_1 на първичната намотка се приема клемата, в която токът „влиза”, а за край P_2

клемата, от която токът „излиза” от ИТТ, фиг. 4.а. При преминаване на ток през първичната намотка от P_1 към P_2 , токът през товара Z_T , свързан към вторичната намотка следва да протича от клемата S_1 към S_2 . При маркиране изводите на вторичните намотки по това правило, токът през товара има същата посока, каквато би имал ако товарът е включен в първичната намотка. Това положение прави възможно при построяване на векторни диаграми, векторите на вторичните токове да се изобразяват съвпадащи с векторите на първичните токове което опростява анализа им - фиг.4.б.

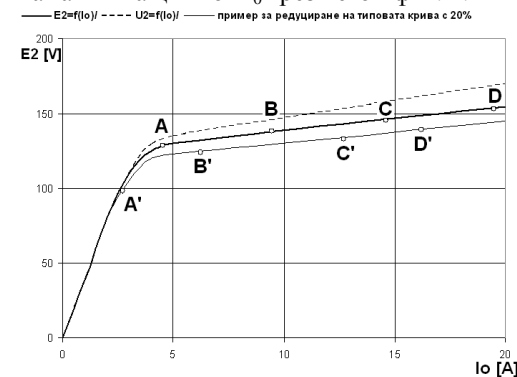


Фиг. 4. Означаване началата и краищата на намотките на ИТТ

На фиг. 4.а е дадено означаването на изводите на ИТТ по БДС, като 1S1 и 1S2 са начало и край на първата вторична намотка, а 2S1 и 2S2 са начало и край на втората вторична намотка на трансформатора.

Волт - амперна характеристика на ИТТ

Снемането на волт - амперна характеристика е общоприет начин за оценяване състоянието на магнитните системи и на намотките, понеже представлява зависимостта между е.д.н. E_2 върху намагнитващия клон и намагнитващия ток I_0 през него - фиг. 2.



Фиг. 5. Волт-амперна характеристика на ИТТ

Характеристиката се получава по индиректен начин: - при отворена първична намотка се подава напрежение на вторичната намотка и се измерва протичащия ток. При изпитването останалите вторични намотки се свързват накъ-со. Съгласно фиг. 2 измерените величини са U_2 и I_2 и с тях се намира зависимостта $U_2 = f(I_2)$, показана на фиг. 5 с прекъснатата линия (крива 2). От заместващата схема се вижда че при захранване на ИТТ откъм вторичната намотка, протичащия ток I_2 представлява тока през намагнитващия контур I_0 , а $\dot{U}_2 = \dot{E}_2 + \dot{I}_0 \cdot Z_2$.

Интересуващата ни характеристика $\dot{E}_2 = f(\dot{I}_0)$ е показана на фиг. 5 с плътна линия (крива 2). Стойностите за E_2 се получават като от измерените напрежения U_2 се извадят съответните падове на напрежение в z_2 : $\dot{E}_2 = \dot{U}_2 - \dot{I}_0 z_2$. Импедансът z_2 се дава от завода – производител или се определя приблизително като $z_2 = r_2 / 0.8$, където r_2 се измерва. Снетата V-A характеристика се сравнява с типова или опитна за съответния тип ИТТ.

Когато снетата крива е разположена над типовата или съвпада с нея изводът е, че ИТТ е изправен. В случай, че снетата крива лежи по-ниско от типовата, се построява втора редуцирана типова крива, с 20% по-нисжени ординати спрямо първата, вж. на фиг.5 най-долната графика (крива 3). Ако снетата крива се намира по-ниско и от понижената с 20% типова крива, заключението е, че ИТТ не е годен за експлоатация.

Волт – амперната характеристика се използва освен за откриване на повреди в магнитната система и междунавивкови къси съединения, още за подбиране на ИТТ с еднакви характеристики за целите на релейните защиты и за приблизително определяне на грешките.

IV. ПРОГРАМА И УКАЗАНИЯ ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА УПРАЖНЕНИЕТО

Указания за безопасна работа

Упражнението се провежда при частично изключване на напрежението в КЛУ-2, като работното място се обезопасява от дежурните в съответствие с изискванията за безопасна работа и издаден наряд.

Измерване съпротивления на изоляциите на намотките

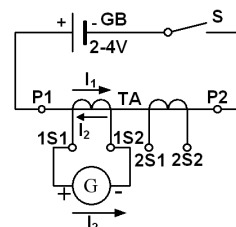
Съпротивлението на изоляцията на първичната намотка се измерва с мегаометър за 2500V, като при изправна изолация е от порядъка на няколкостотин мегаома.

Съпротивлението на изоляцията на вторичните намотки спрямо корпуса и между останалите намотки се измерва с мегаометър за 500V или 1000V като стойностите се нормират, но заедно с присъединените към една намотка вторични вериги не трябва да бъде по-малко от 1MΩ. Когато трансформаторът е изолиран – с демонтирани вторични вериги, за оценка състоянието на изоляцията, може да се приеме, че тя е изправна, ако стойността ѝ е няколко десетки мегаома.

Определяне на началата и краищата на намотките

Тази проверка е задължителна за ИТТ с повредена заводска маркировка на първичните или вторичните изводи, а също при съмнение за достоверността ѝ, например след ремонт. На фиг. 6 е показана принцип-ната схема, по която се определят началата и краищата на намотките. Източникът на постоянно напрежение GB е батерия или акумулатор с напрежение 2-4V, а

показващия прибор G е от магнитоелектрическата система с означена полярност „+” и „-” на изводите.



Фиг.6. Схема за определяне началата и краищата на намотките на ИТТ

подобен опит стрелката се отклони наляво, тогава изводът свързан с „+” на прибора е края S_2 на вторичната намотка.

В случай, че липсват всичките означения на изводите на ИТТ, тогава се приемат произволно началото P_1 и края P_2 на първичната му намотка, а означенията на вторичните се определят опитно по описаната процедура, спрямо приетите означения.

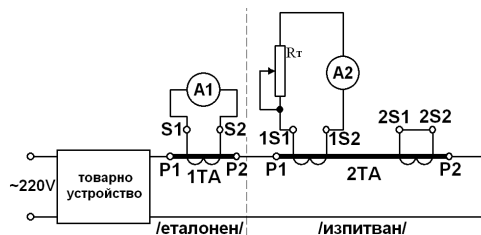
При многонавивкови ИТТ във вторичните намотки могат да се индуцират относително високи е.д.н., поради което следва приборът G предварително да се шунтира или да се превключи на по-голям обхват, а в момента на включване на бутона S не трябва да се докосват тоководещите вериги на вторичните намотки.

Проверка на коефициента на трансформация

Коефициента на трансформация на ИТТ се измерва с цел да се определи до колко съответстват паспортните му данни на условията за конкретна експлоатация, като разликите между измервания коефициент и дадения в паспорта не се нормират. На фиг. 7 е дадена схемата за измерване.

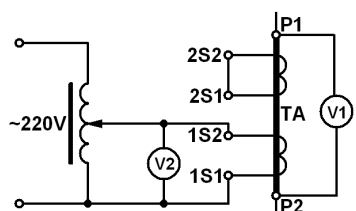
В първичната намотка на изпитвания трансформатор 2TA се подават токове в диапазона от 20% до 100% от номиналния първичен ток, които се измерват от амперметър A1 с клас на точност 0.5 посредством еталонен токов трансформатор 1TA.

Съответните вторични токове се измерват с A2, а коефициента на трансформация се определя като отношение: $k_{ТТ} = I_1 / I_2$. Проверката се прави при няколко характерни стойности на товара във вторичната намотка: $Z_{Т,Н} = S_{2Н} / I_{2Н}^2; 5z_{Т,Н}; 10Z_{Т,Н}$, които се установяват чрез R_T . Всяка от вторичните намотки на изпитвания ИТТ по време на опитите трябва да бъде сигурно затворена през съпротивлението на прибор или да бъде свързана накъсо, като не се допуска превключване на обхватите без предварително шунтиране на вторичните намотки или изключване на първичния ток.



Фиг. 7. Схема за проверка на коефициента на трансформация на ИТТ

$$k_{\text{ТТ}} = U_2 / U_1.$$



Фиг. 8. Схема за проверка на $k_{\text{ТТ}}$ по метода на напреженията

Когато регулировъчните възможности по ток на разполагаемото товарно устройство са малки, което може да се случи при ИТТ с голям коефициент на трансформация, тогава $k_{\text{ТТ}}$ може да се определи като отношение на напрежението на вторичната към напрежението на първичната намотка:

На фиг. 8 е показана схема за определяне коефициента на трансформация на ИТТ по метода с измерване на напреженията. Напрежението на първичната намотка се измерва с волтметъра V1, който трябва да има висок клас на точност и възможности за измерване на малки обхвати, понеже U_1 има стойности под 1V.

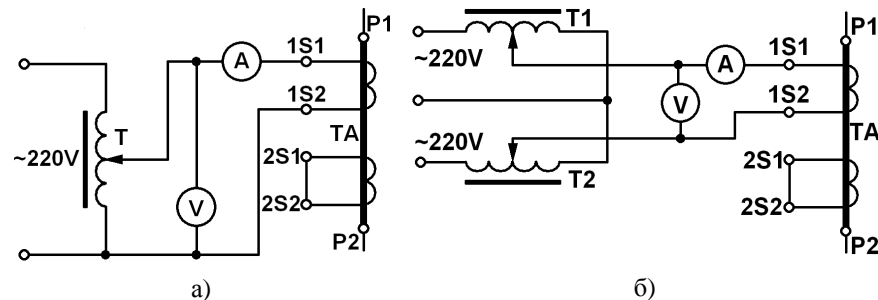
Проверките се извършват на КЛУ-2, като за безопасност измерителните прибори се разполагат на пулта. Използва се схемата от фиг.7.

Снемане на волт-амперната характеристика на ИТТ

Волт – амперната характеристика се сема за проверка на изправността и за оценка на възможността на ИТТ да се използва в конкретна релейна схема. Характеристиката се получава като при отворена първична намотка се подава променливо регулируемо напрежение на вторичната, което се измерва с волтметъра V, а протичащия през намотката ток се отчита с амперметъра А - фиг. 9.а. За регулиране на напрежението се използва лабораторен автотрансформатор Т, позволяващ да се получи най-малко изкривяване на синусоидата. Характеристиката се сема за 6-8 стойности на тока в диапазона до номиналния и до началото на насищането като се измерва напрежението.

За да се избегне влиянието на остатъчната индукция ИТТ се размагнитва преди основните измервания чрез 2-3 плавни увеличавания и намалявания на напрежението подавано към вторичната намотка. При снемане на характеристиката токът трябва да се регулира еднопосочно.

В случай че ИТТ е с голям коефициент на трансформация, за да се достигне до зоната на насищане трябва на вторичната намотка да се подава напрежение по-високо от 250V.



Фиг. 9. Схеми за снемане на волт-амперна характеристика на ИТТ:

а) с един автотрансформатор

б) с два автотрансформатора за получаване на 450V

На фиг. 9.б е показана схема за подобен случай, при която чрез два лабораторни автотрансформатора свързани към различни фази на трифазната система 380/220V може да се получи регулируемо напрежение до 450V.

Изпитанията по тази точка се извършват от пулта на КЛУ-2 по схемата от фиг. 9.а. Волт – амперната характеристика се построява след като се съобразят изложените теоретични особености.

V. КОНТРОЛНИ ВЪПРОСИ

1. Защо отварянето на вторичната намотка на ИТТ при протичане на ток през първичната е недопустимо и се счита за аварийен режим?
2. Кои са основните фактори определящи грешките на ИТТ?
3. Как се оценява състоянието на изолацията на намотките на ИТТ?
4. Каква е безопасната последователност на работа при провеждане на изпитанията за проверка на коефициента на трансформация и снемане на волт-амперната характеристика?
5. Какви са нормативните препоръки относно маркировките на намотките?
6. Каква е практическата използваемост на измерените коефициенти на трансформация и волт-амперна характеристика?
7. Кога може да се счита, че един ИТТ е годен за експлоатация?

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 7

ИЗПИТВАНИЯ НА ИЗМЕРВАТЕЛНИ ТРАНСФОРМАТОРИ ЗА НАПРЕЖЕНИЕ

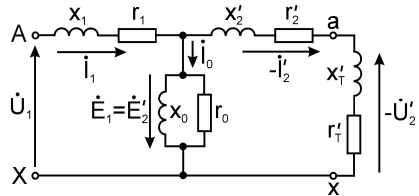
I. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

Запознаване с общото устройство, специфичните функционални особености, текущите изпитвания в експлоатационни условия и писмената форма за документирание на техническото състояние на измервателни трансформатори за напрежение (ИТН).

II. ПРИНЦИП НА ДЕЙСТВИЕ И ОСНОВНИ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА ИТН:

Заместваща схема и векторна диаграма:

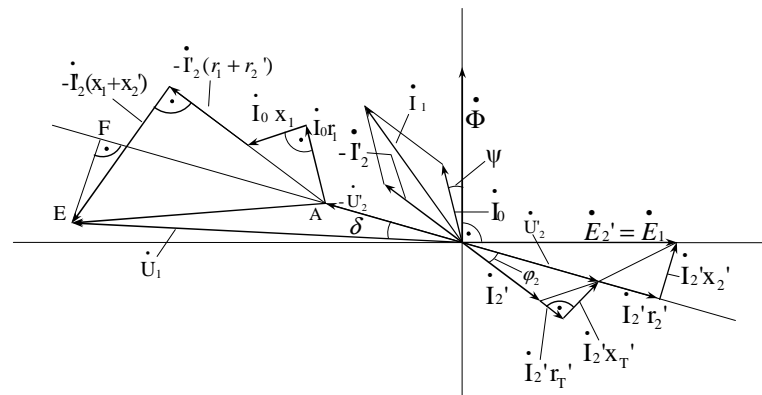
Напрежението на мрежата, към която ИТН е свързан паралелно, прокарва през първичната му намотка ток I_1 , създаващ в магнитопровода променлив магнитен поток Φ . Потокът Φ индуктира във вторичната намотка е.д.н. E_2' , под чието действие протича ток I_2' . Съпротивленията на товара r_T и x_T , и токът I_2' създават напрежението U_2' на изводите на вторичната намотка.



Фиг. 1. Заместваща схема на ИТН

Сумата от U_2' и падовете на напрежение в съпротивленията на същата намотка r_2' и x_2' е равна на е.д.н. E_2' . На фиг.1 е дадена заместваща схема на ИТН, като параметрите на намагнитващия контур, вторичната намотка и товара са приведени към първичната намотка. Така реалния ИТН е представен еквивалентно чрез трансформатор с коефициент на трансформация равен на единица. Намагнитващият поток Φ_0 изпреварва потока Φ с ъгъла на загубите Ψ . В съпротивленията на първичната намотка r_1 и x_1 се създават падове на напрежение от първичния ток $i_1 = i_0 + i_2'$.

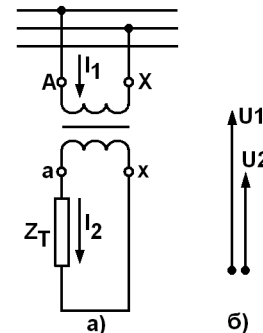
На фиг. 2 е представена векторна диаграма на реален ИТН, съответстваща на разгледаната заместваща схема. Векторът на първичното напрежение \dot{U}_1 се получава като се сумират геометрично напрежението $-\dot{U}_2'$ и падовете на напрежение в намотките и товара от тока на празен ход I_0 и от тока на товара I_2' . Токът на празен ход I_0 и наличието на активни и реактивни съпротивления в ИТН са причина, поради която векторите \dot{U}_1 и $-\dot{U}_2'$ не са еднакви, т.е. съществува грешка при трансформацията.



Фиг.2. Векторна диаграма на ИТН

Маркировка на изводите на ИТН

Правилна работа на ИТН и на апаратите получаващи информация от тях може да се осигури, при съответствие между началата и краищата на намотките им, за което те се определят и означават по единни правила. Еднополярни са изводите на намотките, които при наличие на поток в магнитопровода имат един и същи знак на е.д.н. Полярността на изводите зависи от посоката на навиване на намотките и взаимното им разположение на магнитопровода. При няколко магнитно свързани намотки и пропускане на постоянен ток през една от тях, посоките на индуктираните е.д.н. във всяка от останалите се определят последователно с магнитоелектрически милivolтметър или галванометър. Целенасочено или произволно се приемат начало „А” и край „Х” на една намотка, например първичната, като посоката на тока се счита за положителна от „А” към „Х”.



Фиг. 3. Означаване на началата и краищата на намотки на ИТН

Правилото за съответно определяне на началото „а” и края „х” на всяка друга намотка изисква посоката на тока през товара Z_T включен в нея, да бъде същата, каквато би била при непосредствено включване в първичната намотка. При спазване на това положение и пренебрегване на ъгловата грешка, изобразяващите вектори на първичното \dot{U}_1 и вторичното \dot{U}_2 напрежение са съпосочни – фиг.3.б.

Грешки на ИТН

Трансформирането на високото напрежение в ниско става с известна грешка, дължаща се на загубите в ИТН. Само при „идеален“ трансформатор, за който са пренебрегнати загубите и съответстващата им грешка, отношението на първичното и вторичното напрежение е равно на номиналния коефициент на трансформация: $U_2=U_1/k_n$, или $U_1=U_2'$, т.е. точките А и F на фиг. 2 съвпадат. Поради падението на напрежението ΔU в намотките на реален ИТН, стойността на вторичното напрежение е по – малко, т.е. $U_2= U_1/k_n - \Delta U$. От анализа на заместващата схема и векторната диаграма следва, че грешката може да се определи с отсечката AF, която се представя като сума от проекциите на векторите: $\dot{I}_0 \cdot r_1$, $\dot{I}_0 \cdot x_1$, $(-\dot{I}_2)(r_1 + r_2)$, $(-\dot{I}_2)(x_1 + x_2)$, върху продължението на вектора $-U_2'$. Така се показва, че част от грешката на ИТН се дължи на тока на празен ход, друга – на тока през товара, а намаляването ѝ практически се постига като се намаляват импедансите на намотките.

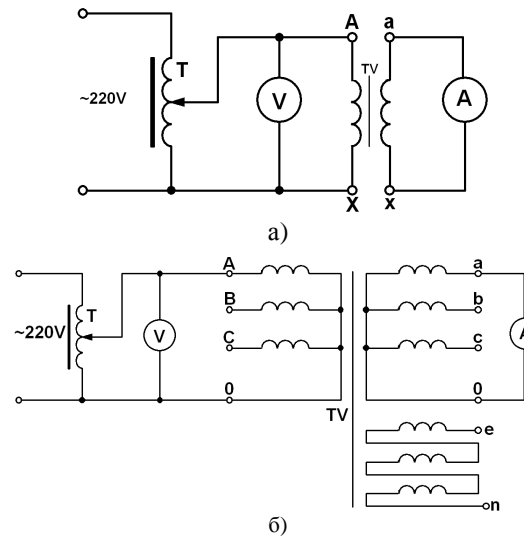
Грешката по напрежение на ИТН се определя в проценти: $\varepsilon_{\%} = \frac{U_2 \cdot k_n - U_1}{U_1} \cdot 100$.

Ъгловата грешка на ИТН се определя от ъгъла на дефазирание δ между изобразяващите вектори на първичното и вторично напрежение – фиг. 2.

Съпротивление на късо съединение на ИТН

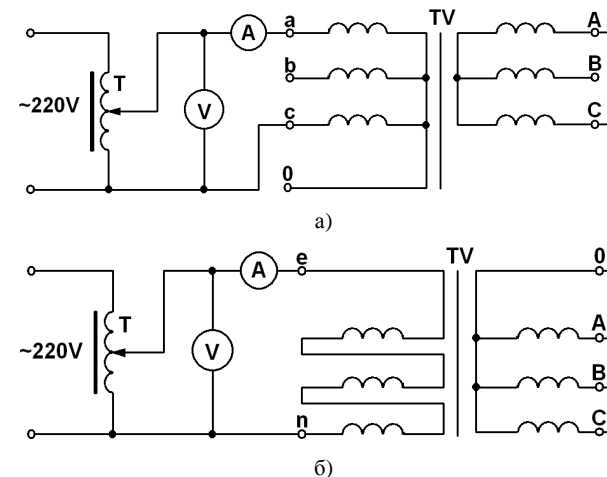
Защитата на ИТН от т.к.с. при повреда във вторичните вериги се осъществява от предпазители или автомати, които се монтират в началото на напреженовите магистрали на страна ниско напрежение. Работата им е сигурна ако токът на заработване на автоматите е $1,2 \div 1,5$ пъти по-голям от максималния ток, а за предпазителите - номиналния ток на стопилката е по-малък от 10 пъти минималния т.к.с. По изчислителен път се определят стойностите на т.к.с., за което трябва да бъде известно съпротивлението на к.с. – Z_K . Опитна на к.с. се прави за определяне на Z_K , което може да се осъществи по два начина. На фиг. 4 са показани схеми, при които еднофазен и трифазен петбедрен ИТН са захранени от страна високо напрежение. Напрежението U_1 на първичната намотка се увеличава плавно до достигане на ток във вторичната намотка дадена накъсо през амперметъра А, близък до номиналния.

Възможно е опита да се организира като ИТН бъде захранен от вторичната си намотка, при което първичната намотка трябва да бъде сигурно свързана накъсо. Този начин може да се препоръча когато регулировачните възможности на автотрансформаторите или другите регулиращите средства са недостатъчни за правилното протичане на опита.



Фиг. 4. Определяне на Z_K на ИТН при захранване от първичната страна

За илюстриране на този вариант на фиг. 5 са дадени схеми за определяне на Z_K на трифазен трибедрен и на допълнителната намотка на трифазен петбедрен ИТН. При увеличаване на тока във вторичната намотка се следи стойността му да не надвишава максимално възможния вторичен ток по условие за максимална вторична мощност на трансформатора.



Фиг. 5. Определяне на Z_K на ИТН при захранване от вторичната страна
а) трибедрен ИТН
б) допълнителна намотка на петбедрен ИТН

При провеждането на измерванията трябва строго да се спазват правилата за безопасна работа като особено се следи първичната намотка да

бъде сигурно дадена накъсо, тъй като ако остане отворена, на нея би се индустрирало високо напрежение, опасно за персонала и izolацията на ИТН.

III. ПРОГРАМА И УКАЗАНИЯ ЗА ПРОВЕЖДАНЕТО НА УПРАЖНЕНИЕТО

Указания за безопасна работа

Упражнението се провежда при частично изключване на напрежението на КЛУ-3. След обезопасяване на работното място под напрежение остават неподвижните контакти на шинния разединител. При провеждане на някои от измерванията помощните устройства и ИТН са под напрежение. Особено внимание да се обръща на мерките за безопасност, поради възможността за получаване на високо напрежение на първичните изводи на ИТН при захранване от страна на вторичната му намотка.

Измерване на съпротивленията на izolацията на намотките

Съпротивлението на izolацията на първичната намотка се измерва от двама души с мегаометър за 2500 V. Стойността му не се нормира, но при суха и изправна izolация достига няколко хиляди ома. При измерванията на първичната намотка, вторичните трябва да бъдат заземени.

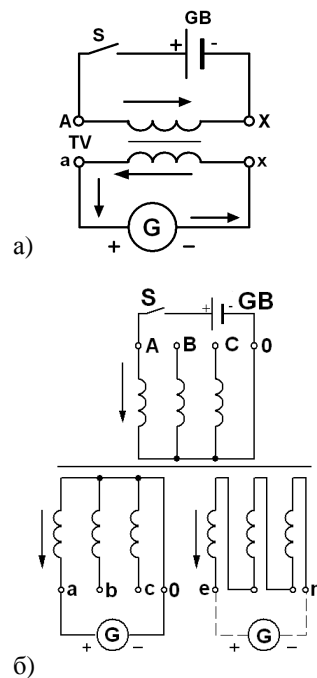
Съпротивлението на izolацията на вторичните намотки се измерва с мегаометър за 500 или 1000 V. Стойността му също не се нормира, но заедно с присъединените вторични вериги не трябва да бъде под 1MΩ.

Определяне на началата и краищата на намотките на ИТН

Когато липсва заводска маркировка, след проведен ремонт и при използване на ИТН в схеми с фазочувствителни апарати и релета е задължително да са определат началата и краищата на намотките.

На фиг. 6 е показана схемата на свързване на източник за постоянен ток с напрежение 4÷6 V означен като GB, магнитоелектрически прибор G и бутон S към еднофазен ИТН. При натискане на бутона се фиксира отклонението на стрелката на галванометъра G. Ако отклонението е надясно, то буксата „+” е свързано с началото „а”; при отклонение наляво - това означава че „+” на G е присъединен към края „х” на вторичната намотка. Схемата от фиг.6.б се използва за петбедрени трифазни ИТН по същия метод. Източникът GB се свързва последователно към изводите „А”, „В”, „С” и се проверяват началата „а”, „в”, „с” на изводите на вторичната намотка.

При неправилно включване на прибора към вторичен извод, който не съответства на извода, в който е „+” на батерията GB, отклонението е наляво и на по-малко деления. С прекъснатата линия е показано свързването на G за определяне началото на допълнителната намотка, като „+” на GB се включва последователно към трите първични извода.



Фиг. 6. Схеми за определяне началата и краищата на намотките на ИТН

намотка и свързани към земя на останалите две фази – фиг. 7б с прекъснатата линия. Отношението на първичното напрежение към измереното на изводите е - n дава k_H ;

в) начин за определяне на k_H на допълнителната намотка с трифазно симетрично напрежение, което се подава към изводите на първичната страна, като една от фазите е предварително свързана с неутралата.

Напрежението на е - n в този случай е 3 пъти по-високо от измереното по еднофазната схема;

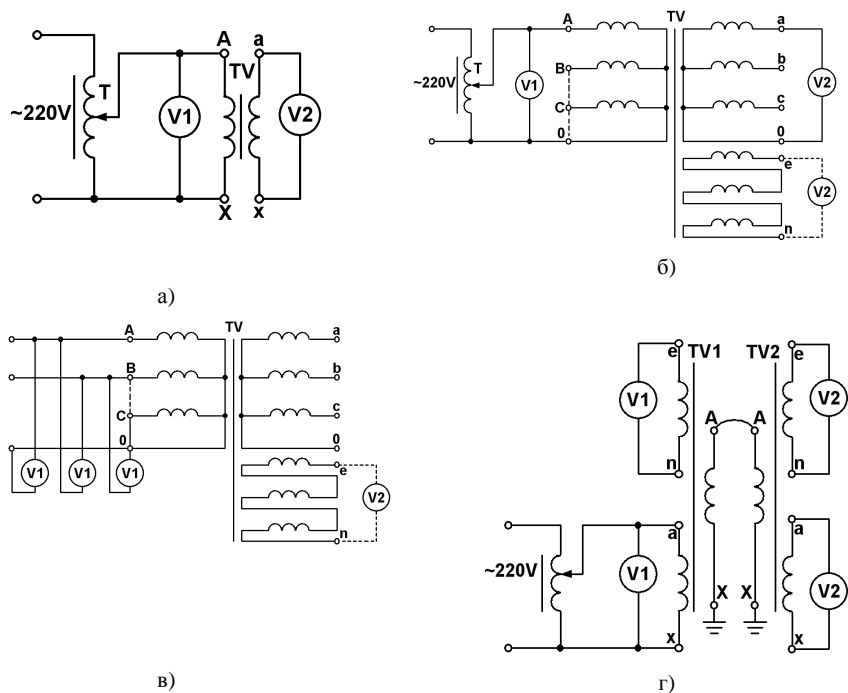
г) k_H на ИТН за напрежение 20 kV и повече се проверява по метода на сравнението. Първичните намотки на два ИТН се свързват паралелно, а на основната вторична намотка на единия от тях се подава напрежение 20 – 30 V от автотрансформатор Т. Ако изпитваните ИТН имат еднакви k_H , измерените напрежения на съответните вторични намотки съвпадат.

Проверка на коефициента на трансформацията на ИТН

Тази проверка се прави само при удовлетворителни резултати относно съпротивлението на izolацията. За няколко стойности на първичното напрежение се измерва съответното вторично, а отношението им дава коефициента на трансформация $k_H=U_1/U_2$. Схеми за проверка на k_H са показани на фиг. 7, съответно за следните случаи:

а) еднофазен ИТН – регулируемото с автотрансформатора Т напрежение се подава на първичната намотка и се контролира с волтметър V1, а вторичното напрежение се отчита с V2, който има малък обхват;

б) трифазен петбедрен ИТН – на основната вторична намотка k_H се определя по начина, както при еднофазен ИТН. На допълнителната вторична намотка k_H се определя при подаване последователно на напрежение между една фаза и нула от първичната



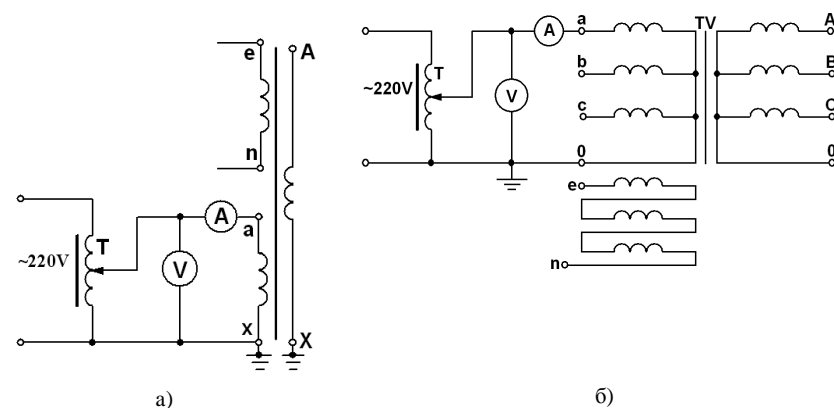
Фиг. 7. Схеми за проверка коефициента на трансформация на ИТН

Определяне на съпротивлението на късо съединение

В упражнението се препоръчват за използване схемите от фиг. 4. Съпротивлението на късо съединение се определя като отношение на напрежението измерено с волтметъра към тока измерен с амперметъра, т.е. $Z_k = U_1 / I_2 \cdot k_H$. Ако амперметъра от фиг. 4. б се свърже към изводите е – n може да се определи съпротивлението на една фаза от допълнителната намотка: $Z_k = U_1 / 3I_2 \cdot k_H$. За трифазни тринамотъчни ИТН, Z_k се определя като средна стойност от три измервания с последователни къси съединения между две фази на вторичната намотка и подаване на напрежение на едноименните фази на първичната намотка. Приложимо към фиг. 5 б съпротивлението $z_k = U_1 / 2I_1$.

Измерване тока на празен ход на ИТН

Токът на празен ход се измерва във вторичната намотка на ИТН, на която се подава номиналното вторично напрежение – фиг. 8. При този опит на изводите на първичната намотка се получава високо напрежение, поради което измерванията трябва да се провеждат при точно спазване на всички правила за безопасна работа.



Фиг. 8. Схеми за измерване тока на празен ход на ИТН

Измереният ток се сравнява с паспортните или опитни данни на съответния ИТН, като констатираните различия, особено значителните са признак за повреди в магнитопровода или междунавивкови къси съединения. Измерванията трябва да се провеждат бързо, понеже вторичните намотки на ИТН не са оразмерени за продължително протичане през тях на големи токове. При тринамотъчни ИТН напрежение се подава на основната вторична намотка, която е термически по-устойчива отколкото допълнителната. Преди опита ИТН се заземява.

IV. КОНТРОЛНИ ВЪПРОСИ

1. Какъв е основния режим на работа на ИТН ?
2. Кои фактори формират грешките при работа на ИТН ?
3. Какъв е принципа за маркиране изводите на намотките на ИТН ?
4. Как се използват резултатите от проверката на коефициента на трансформация и на тока на празен ход ?
5. Какви мерки, осигуряващи безопасността на изпитванията трябва да се спазват при проверките на ИТН ?
6. Какви начини за определяне съпротивлението на късо съединение са приложими при ИТН ?
7. Кои показатели определят експлоатационната годност на ИТН ?

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 8

СХЕМИ НА СВЪРЗВАНЕ И ВЕКТОРНИ ДИАГРАМИ НА ИЗМЕРВАТЕЛНИ ТРАНСФОРМАТОРИ ЗА ТОК

I. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

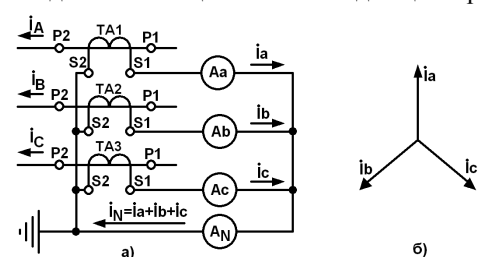
Запознаване с особеностите на основните типови схеми за свързване на вторичните намотки и векторните диаграми на вторичните токове на измервателни трансформатори за ток (ИТТ).

II. СХЕМИ НА СВЪРЗВАНЕ НА ИЗМЕРВАТЕЛНИ ТРАНСФОРМАТОРИ ЗА ТОК

Първичните намотки на ИТТ се съединяват винаги последователно във веригата, през която протича измервания ток, като са възможни различни схеми на свързване на вторичните им намотки, съвместно с токовите намотки на техния товар – измерителни прибори или релета. Токът през товара I_T и вторичния ток във фазата I_Φ на ИТТ не винаги са еднакви. Отношението между тях се нарича коефициент на схемата - $k_{cx} = I_T / I_\Phi$. Основните схеми са неравностойни по отношение на количеството апарати, чувствителността, сигурността и др.

1. Схема на свързване на ИТТ в пълна звезда

На фиг. 1.а е показана схемата на свързване в пълна звезда с използване на три ИТТ – по един във всяка фаза. Към началата S1 на вторичните намотки са присъединени три амперметра или друг товар, например токови намотки на релета свързани в звезда. Краищата S2 на вторичните намотки са обединени в обща точка – звезден център.



Фиг.1. Схема на свързване пълна звезда

Звездният център на вторичните намотки на ИТТ и звездният център на товара са свързани помежду си с проводник, наречен нулев.

Вторичните и първични фазни токове са свързани с коефициента на трансформация k_{TT} чрез отношенията:

$$I_a = I_A / k_{TT}; I_b = I_B / k_{TT}; I_c = I_C / k_{TT}$$

В нулевия проводник токът I_N е

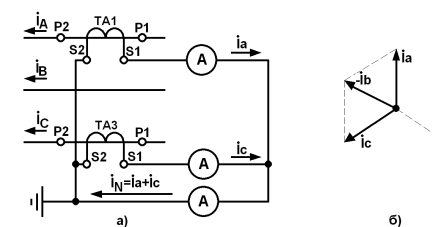
$$I_N = I_a + I_b + I_c = 3I_0$$

При нормален симетричен режим и отсъствие на земни съединения токът I_N е равен на тока на небаланса I_{N0} , който се определя от грешките на ИТТ. В този случай прекъсването на нулевия проводник не влияе върху правилната работа на схемата. При несиметрични режими предизвикани от земни

съединения, през нулевия проводник протича токът на повредата. За подобна ситуация токът $I_N = 3I_0 \neq 0$ и е недопустимо прекъсването на нулевия проводник, тъй като токът на повредената фаза би могъл да се затвори само през вторичните намотки на ИТТ в здравите фази, които представляват голямо съпротивление за него. Схемата на свързване на ИТТ в звезда е универсална за приложение понеже осигурява измерване на три фазни тока и тока с нулева последователност $3I_0$, като е подходяща за релейни защиты срещу еднофазни и междуфазни повреди. Най-разпространено е използването ѝ в мрежи с директно заземена неутрала, където еднофазните повреди са къси съединения (к.с.) и трябва да се откриват и изключват незабавно. Токовете в амперметрите (товара) са равни на вторичните фазни токове на ИТТ, поради което $k_{cx}^{(3)} = 1$. Векторната диаграма на вторичните токове при симетричен режим е показана на фиг. 1.б.

2. Схема на свързване на ИИТ в непълна звезда

На фиг. 2.а е показана схема на свързване в непълна звезда, изпълнена с два ИТТ монтирани във фази А и С. През амперметрите на фази А и С протичат фазните вторични токове $I_a = I_A / k_{TT}; I_c = I_C / k_{TT}$, а през неутралата – геометричната им сума $(I_a + I_c) = -I_b$ - фиг. 2.б.



Фиг.2. Схема на свързване непълна звезда

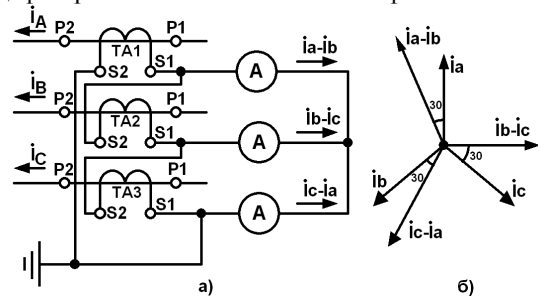
При различните повреди, според това кои от трите фази са засегнати, протичат различни токове във вторичните фазни и през нулевия проводник. При еднофазно к.с. на фаза В, през вторичната схема не протича ток. В общия нулев проводник протича ток както при междуфазни к.с, така и в нормален режим, поради което за правилната работа на схемата винаги е необходим обратния проводник.

Схемата е приложима в системи с изолиран или компенсиран звезден център, за нуждите на релейната защита от междуфазни к.с., като $k_{cx}^{(3)} = 1$.

3. Схема на свързване на ИТТ в пълен триъгълник

Използват се три ИТТ, като един от възможните начини за свързване е показан на фиг. 3.а, където началото на вторичната намотка на всеки трансформатор е свързано с края на вторичната намотка на следващия. Към началата на вторичните намотки са присъединени три амперметра (или друг товар) свързани в звезда, през всеки от които протича ток, равен на геометричната разлика между вторичните токове на две фази. На фиг.3.б е показана векторната диаграма на вторичните токове при симетричен режим.

Вижда се, че през амперметрите протичат линейни токове по-големи с $\sqrt{3}$ и дефазирани на 30° от съответните фазови токове.



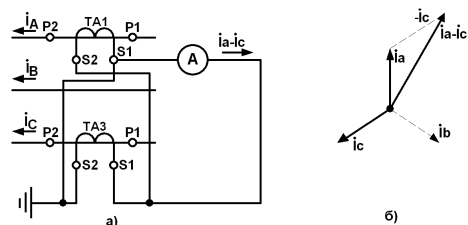
Фиг. 3. Схема на свързване на вторичните намотки на ИТТ в триъгълник

в) при симетричен трифазен режим токът през товара е $\sqrt{3}$ пъти по-голям от фазовия ток, т.е. $k_{cx} = \sqrt{3}$. Отношението между тока в товара и фазовия ток на ИТТ при к.с. зависи от вида на повредата.

Схемата се използва при диференциални и дистанционни релейни защити за компенсиране на фазовите разлики между токовете при свързване на намотките на силовите трансформатори в звезда-триъгълник и др.

4. Схема на свързване на ИТТ в непълен триъгълник

Схемата се получава с два ИТТ, които се монтират на две фази, най-често това са фаза А и фаза С – фиг. 4. Вторичните намотки на ИТТ са свързани помежду си с разноименните краища, т.е. начало – край на единия с край – начало на другия трансформатор. Товарът е присъединен към двете начала. Векторната диаграма на вторичните токове при симетричен режим - фиг. 4.б показва, че през товара протича геометричната разлика между токовете на фази А и С, поради което такава свързване понякога се нарича „схема за разлика от два тока”.



Фиг. 4. Схема на свързване на вторичните намотки на ИТТ в непълен триъгълник

еднофазни к.с. на другите фази или двуфазни между А и В или В и С, през товара протича вторичния ток на една фаза.

Особеностите на тази схема на свързване са следните:

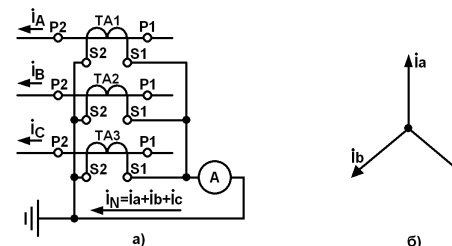
- а) при всичките видове къси съединения през товара на ИТТ протича ток;
- б) токовете с нулева последователност циркулират в триъгълника и не преминават през товара на ИТТ;

От векторната диаграма на фиг. 4.б се вижда, че в нормален режим и при трифазно к.с. токът през товара е $\sqrt{3}$ пъти по-голям от фазовия ток, поради което $k_{cx}^{(3)} = \sqrt{3}$.

Схемата се използва основно за захранване на релейни защити срещу междуфазни къси съединения.

5. Схема на свързване на ИТТ като филтър за ток с нулева последователност

Използват се три ИТТ, които се монтират във всяка фаза. Едноименните изводи на вторичните намотки са съединени паралелно и към тях е включен товарът - фиг. 5.а. Векторната диаграма на вторичните токове е дадена на фиг. 5.б.



Фиг.5. Схема на свързване на ИТТ като филтър за ток с нулева последователност

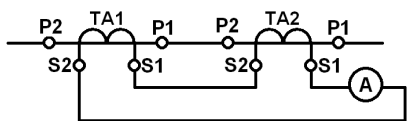
През товара протича геометричната сума на вторичните фазови токове, която при симетричен режим е равна на нула, а при несиметрични режими и повреди – на утроения ток с нулева последователност:

$$I_N = I_a + I_b + I_c = 3I_0.$$

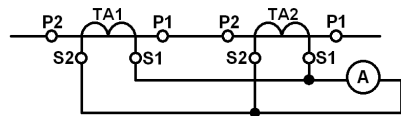
Схемата се използва основно за нуждите на релейните защити срещу еднофазни к.с. и двуфазни к.с. към земя.

6. Схеми с последователно и паралелно свързване на вторичните намотки на ИТТ включени в една фаза

Вторичните намотки на два ИТТ монтирани на една и съща фаза могат да се съединят последователно, като се спазват началата и краищата както на първичните, така и на вторичните им намотки - фиг. 6. Товарът се присъединява към началото на едната и края на другата вторична намотка, при което се разпределя поравно между тях. Такова включване осигурява неизменен вторичен ток, равен на $I_2 = I_1 / k_{TT}$, като позволява общия товар да се разпредели поравно, т.е да се намали двойно натоварването на всеки ИТТ. Схемата има същия коефициент на трансформация, както всеки от двата трансформатора поотделно. Използва се при маломощни ИТТ, например вградени в изводите на прекъсвачи и силови трансформатори, с цел получаване на два пъти по-голяма вторична мощност.



Фиг.6. Схема с последователно свързани вторични намотки на два ИТТ



Фиг.7. Схема с паралелно свързани вторични намотки на два ИТТ от една фаза

На фиг. 7 е показана схема с паралелно свързани вторични намотки на два ИТТ монтирани на една фаза.

Коефициентът на трансформация на схемата $K_{ТГ,ex} = I_1/2I_2$ е два пъти по-малък отколкото $K_{ТГ}$ на всеки от ИТТ, като индивидуалното им вторично натоварване се увеличава два пъти. Схемата се прилага когато е необходимо да се получат малки или

III. ПРОГРАМА И УКАЗАНИЯ ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА УПРАЖНЕНИЕТО

Указания за безопасна работа

Характерна особеност на упражнението е, че част от задачите се извършват при частично изключване на напрежението и влизане в КЛУ-2, а друга част – без изключване на напрежението, като се работи на пулта на уредбата. Работите, които се извършват по съоръженията от първичната верига на КЛУ-2 се извършват с наряд, при частично изключване на напрежението и спазване на всички мерки по безопасността. Измерванията се извършват от пулта след като подгрупата се изведе от уредбата. Напрежение се подава след разрешение от ръководителя на упражнението като се спазват правилата за техническа безопасност. За промяна на схемата се допуска няколкократно влизане в КЛУ-2, след подготовка на работното място при спазване на техническите, организационните мерки и всички правила за безопасност.

Особено внимание да се обръща при свързването на вторичните токови вериги на пулта. Задължително е да се използват изправни проводници с подходящо сечение, като клемите към които те се присъединяват се притягат сигурно. Шунтиращите връзки на изводите на вторичните намотки на ИТТ и платките с мнемоничните схеми на пулта се монтират и демонтират по указание на ръководителя на упражнението.

Снемане на векторните диаграми на вторичните токове при свързване на ИТТ по схемите: „пълна звезда”, „пълен триъгълник” и „филтър за ток с нулева последователност”

Тази и следващата точка на програмата се извършват с помощта на прибор ВАФ – 85М, описание, на който е дадено в приложение.

Студентите свързват на пулта на КЛУ-2 схемата от фиг.1. Работната група е извън уредбата, а отговорникът (изпълнителят) предава наряда на главния дежурен и обявява необходимостта да бъде подадено напрежение. След разрешение от ръководителя на упражнението главният дежурен включва шинния разединител и прекъсвача на КЛУ-2. Включва се товарът на уредбата и се подготвя приборът ВАФ-85М като се нулира системата му за измерване на фазови ъгли. За целта чрез токоизмерващи клещи към токовия вход на апарата се подава токът на фаза С със знак минус и се изпълнява процедурата за предварителна настройка на прибора. След нулиране на фазоизмерващата система се определят стойностите на вторичните токове по големината и ъглите на дефазирание между тях. Измерванията трябва да се извършват без излишни забавяния, понеже не е предвидено товарът в първичните вериги да работи продължително време.

Свързването на схемите от фиг. 3 и фиг. 5 и измерванията стават по описания ред, като всяка промяна на схемата от пулта се прави само при изключено напрежение на КЛУ-2, след разрешение от ръководителя на упражнението.

Снемане на векторните диаграми на вторичните токове при свързване на ИТТ по схемите: „непълна звезда” и „непълен триъгълник”

Отговорникът на групата (изпълнителят) иска от главния дежурен да се подготви работното място в КЛУ-2 в съответствие с наряда за работа. След допускане и приемане на безопасното работно място студентите от работната група монтират на пулта подходяща платка с мнемонична схема и необходимите шунтиращи връзки към изводите на вторичните намотки на ИТТ, съгласувано с ръководителя на упражнението.

След извеждане на работната група от КЛУ-2 наряда се предава на дежурните. Схемата от фиг. 2 се свързва на пулта на уредбата и измерванията се осъществяват при спазване на описания ред. Схемата от фиг. 4 се реализира на пулта при изключено напрежение на КЛУ-2, след разрешение от ръководителя на упражнението.

Използваните схеми, стойностите на измерените величини и построените векторни диаграми се отразяват в писмен отчет за проведеното упражнение.

IV. КОНТРОЛНИ ВЪПРОСИ

1. Какви са специфичните за упражнението изисквания за безопасност?
2. Каква е последователността за работа с прибор ВАФ-85М?
3. Какви части на ИТТ подлежат на заземяване и с каква цел се прави?
4. Каква практическа приложимост имат схемите на свързване на три ИТТ?
5. Особенности на схемите на свързване на два ИТТ на различни фази?
6. Особенности на схемите на свързване на два ИТТ на една фаза?
7. Кои схеми имат специфично приложение за релейните защиты?

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 9

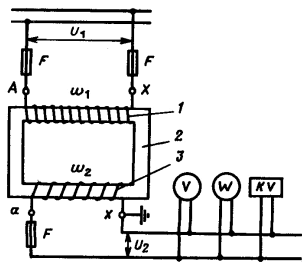
СХЕМИ НА СВЪРЗВАНЕ И ВЕКТОРНИ ДИАГРАМИ НА ИЗМЕРВАТЕЛНИ ТРАНСФОРМАТОРИ ЗА НАПРЕЖЕНИЕ

I. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

Запознаване с особеностите на основните типови схеми за свързване на вторичните намотки и векторните диаграми на вторичните напрежения на измервателни трансформатори за напрежение (ИТН).

II. СХЕМИ НА СВЪРЗВАНЕ НА ИЗМЕРВАТЕЛНИ ТРАНСФОРМАТОРИ ЗА НАПРЕЖЕНИЕ

С напреженови трансформатори в трифазни системи се измерват следните напрежения: - линейни (междуфазни) U ; фазни $U/\sqrt{3}$; напрежения на несиметрия U_0 . Първичните намотки на ИТН се съединяват винаги паралелно в електрическите схеми, за да се измерват напреженията, необходими за работата на измервателните апарати, релейните защиты и автоматиката в разпределителни уредби за високо напрежение. На фиг. 1 е показана принципна схема на устройството и свързването на еднофазен трансформатор за напрежение. Първичната намотка 1 има голям брой навивки (хиляди) от тънък проводник (w_1) и е свързана през предпазители F към верига за високо напрежение. Към вторичната намотка 3, която има по-малко навивки (стотици) от по-дебел проводник (w_2) са свързани паралелно измервателни апарати и релета. В електрическите уредби за високо напрежение се използват еднофазни, трифазни и групи от еднофазни ИТН включени по съответни схеми, които се различават по броя на използваните апарати, чувствителността и точността на измерванията, приложимостта за конкретни цели и др. Възможни са различни схеми на свързване на вторичните им намотки, заедно с напреженовите намотки на товара.



Фиг. 1. Принципна схема на еднофазен ИТН

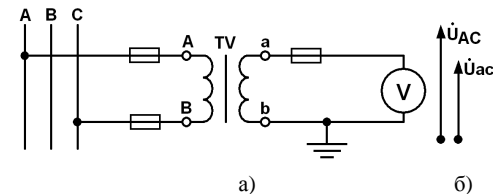
Вторичните намотки на измервателните трансформатори задължително се заземяват защитно, независимо от схемата на свързването им. Това изискване на "Наредба за устройство на електрическите уредби..." е във връзка с възможните пробиви на изолацията между намотките, при които високото първично напрежение се прехвърля на вторичните вериги и е опасно за апаратите, проводниците и експлоатационния персонал. Обикновено се заземява нулевата точка на

звездата или един от фазните проводници. За защита на намотките на ИТТ от продължително протичане на т.к.с. при повреди във вторичните вериги се поставят автоматични или стопяеми предпазители F.

Заземеният край на вторичната намотка не трябва да се свързва през защитна или комутационна апаратура (предпазители, автоматични прекъсвачи и др.).

1. Схема на свързване на един еднофазен ИТН

На фиг. 2.а е показана схема на свързване на един еднофазен двуполусен ИТН за измерване на едно от междуфазните напрежения в трифазна система. Двамата извода (полуса) на първичната намотка имат изолация, оразмерена да издържа съответното линейно напрежение. Векторната диаграма на напреженията е дадена фиг. 2.б. Схемата е приложима за контрол на подаденото напрежение, честотата или за присъединяване на регулиращи устройства.



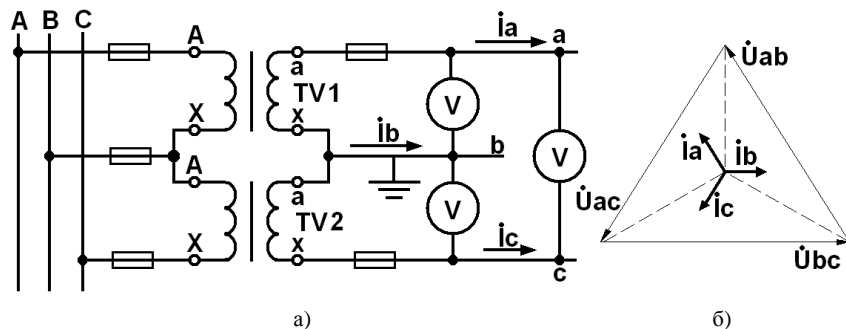
Фиг. 2. Свързване на еднофазен ИТН

Съществува друг конструктивен тип еднофазни ИТН еднополусни. Първичната намотка на такъв ИТН има само един извод със съответната изолация, а вторият полюс е с намалена изолация и е предназначен за свързване към „земя“, откъдето трансформаторите от този тип се наричат заземяеми или еднополусни. Първичната намотка на еднополусните ИТН се оразмерява на фазно напрежение, основната вторична намотка - на $100/\sqrt{3}$ V, а допълнителната намотка, предназначена за свързване в отворен триъгълник - на $100/3$ V или 100 V, в зависимост от режима на неутралата на мрежата, в която работи трансформаторът. При еднофазно к.с. в мрежи с директно заземена неутрала напрежението на повредената фаза към земя става равно на нула, а фазните напрежения на двете неповредени фази, сумирани геометрично дават фазното напрежение U_{ϕ} . Еднофазните земни съединения в мрежи с изолиран или компенсирани звезден център предизвикват увеличаване на напрежението на неповредените фази спрямо земя до междуфазното напрежение, съответно геометричната им сума достига до $3U_{\phi}$. Поради тези особености, ИТН предназначени да работят в мрежи с ефективно заземен звезден център имат допълнителна намотка с номинално напрежение 100V, а тези, в мрежи с изолирана или компенсирана неутрала се конструират за $100/3$ V на фаза, при което напрежението с нулева последователност на отворения триъгълник достига, но не превишава номиналната стандартна стойност 100 V.

Еднофазните еднополюсни ИТН са предназначени да работят свързани в схеми съставени от два или три трансформатора и не са подходящи за схемата от фиг. 2.

2. Схема на свързване на два еднофазни ИТН в непълен триъгълник

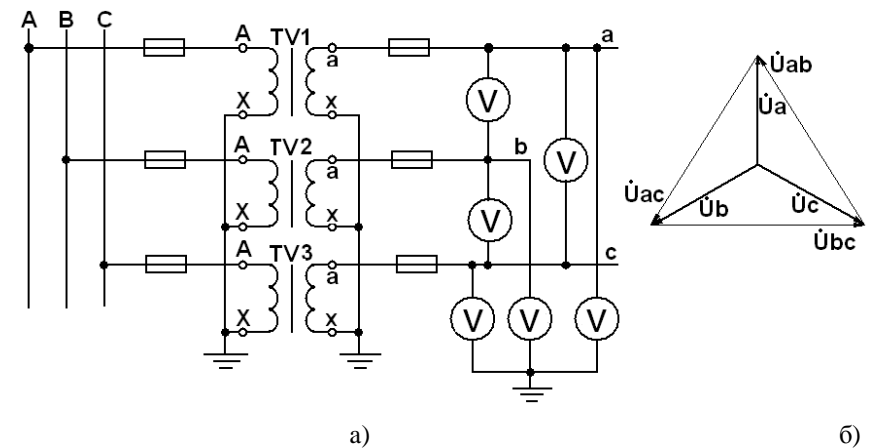
На фиг. 3.а е показана схема, която осигурява измерване само на междуфазните напрежения в трифазна система. Схемата е подходяща за използване във всички случаи, когато се захранват двуелементни ватметри и електромери в трифазна, трипроводна система. Първичните намотки на двата ИТН имат пълна изолация на двата си полюса, а вторичните са оразмерени на 100V. На фиг. 3.б е представена векторната диаграма на вторичните напрежения и токове. Препоръчително е товарът на схемата да бъде присъединен между фази „а” и „в”, съответно „в” и „с”. Използването на третото линейно напрежение между фазите „а” и „с” е нецелесъобразно, поради нарушаване симетрията на токовете и увеличаване грешките на трансформаторите.



Фиг. 3. Свързване на два ИТН в непълен триъгълник

3. Схема на свързване на три еднофазни ИТН в пълна звезда

Схемата е показана на фиг. 4.а и осигурява възможност за измерване на всички фазни и междуфазни напрежения, векторната диаграма, на които е дадена на фиг. 4.б. Тя може да се използва и за включване на земна контрола при системи с изолиран или заземен през индуктивно съпротивление звезден център. В тази схема могат да се използват еднополюсни еднофазни ИТН, с облекчена изолация на първичните намотки, което намалява стойността им. Заземяването на звездната точка на първичните намотки е работно, необходимо, за да е възможно при еднофазни земни съединения, да се измерват правилно напреженията на фазите спрямо земя. Конструкцията на такива трансформатори обикновено има допълнителна вторична намотка, предвидена за свързване в отворен триъгълник.

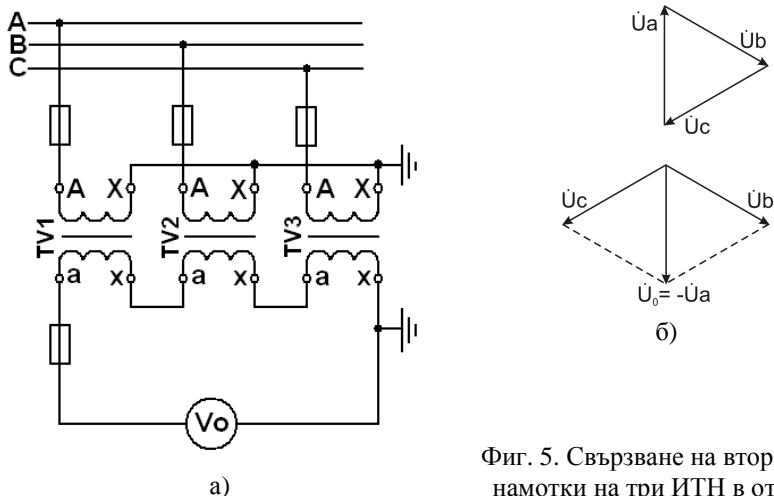


Фиг. 4. Свързване на три ИТН в пълна звезда

4. Схема на свързване на три еднофазни ИТН в “звезда-отворен триъгълник”

При тази схема първичните намотки са свързани в звезда и звездната точка е заземена, а вторичните намотки са свързани последователно – фиг. 5.а. На изводите на отворения триъгълник се получава напрежение, пропорционално на напрежението с нулева последователност, понеже се сумират трите фазови напрежения: $u_a + u_b + u_c = 3u_0$.

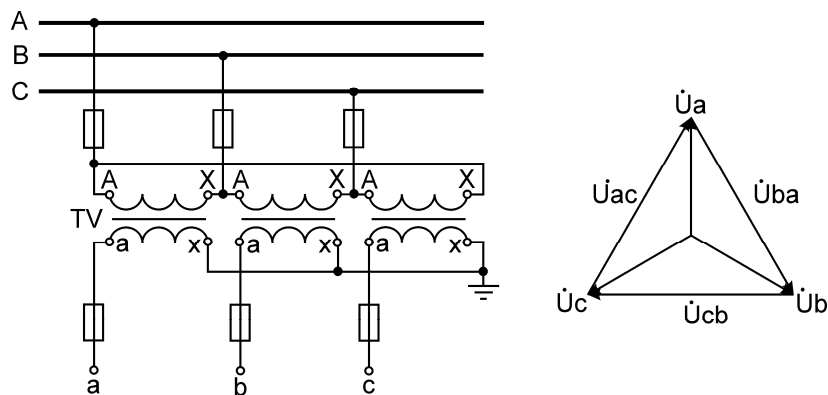
При симетричен режим на работа геометричната сума на фазовите напрежения е нула. Схемата „отворен триъгълник” представлява филтър за напрежение с нулева последователност, което се появява при еднофазни съединения със земя. Стойността на u_0 зависи от начина на заземяване на звездния център на мрежата. Броят на навивките на допълнителната намотка на всяка фаза се оразмерява така, че при еднофазни земни повреди в мрежата, на изводите на триъгълника да се получава около 100V.



Фиг. 5. Свързване на вторичните намотки на три ИТН в отворен триъгълник

5. Схема на свързване “триъгълник – звезда“ на три еднофазни ИТН

Свързване на първичните намотки на три еднофазни ИТН по схема “триъгълник”, а вторичните в “звезда” е дадено на фиг. 6.

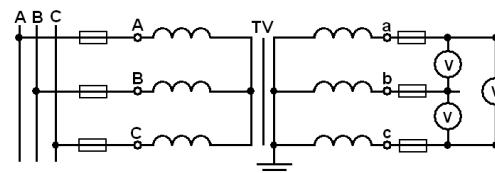


Фиг. 6. Схема на свързване “триъгълник-звезда” на три ИТН

Схемата осигурява повишено напрежение на вторичната страна равно на $U = 100 \cdot \sqrt{3} = 173 \text{ V}$ и е приложима за захранване на електромагнитни коректори в устройствата за автоматично регулиране на възбудането на синхронните генератори.

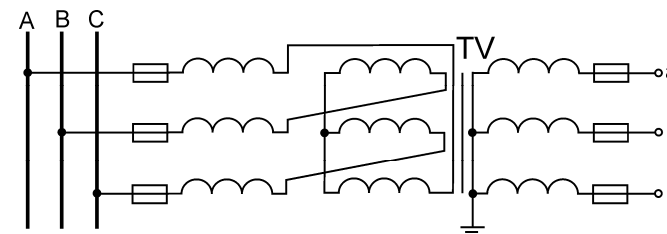
6. Схема на свързване на трифазен трибедрен ИТН

На фиг. 7 е показана схемата на трифазен трибедрен ИТН, осигуряващ измерване само на междуфазни напрежения. Звездният център на първичната намотка не се заземява, за да не протекат големи токове с нулева последователност през трансформатора при земни съединения в мрежата. Поради тази причина трифазния трибедрен ИТН не може да се използва за включване към него на земна контрола.



Фиг.7. Свързване на трифазен трибедрен ИТН

Съществуват ИТН с компенсация на ъгловата грешка – фиг. 8. Конструкцията им е такава, че последователно с основните първични намотки са свързани компенсиращи намотки, монтирани на бедрата на магнитопровода на другите фази. Така сумарния вектор на напрежението на първичната намотка се измества фазово, докато съвпадне с вектора на вторичното напрежение.



Фиг. 8. Трифазен компенсиран ИТН

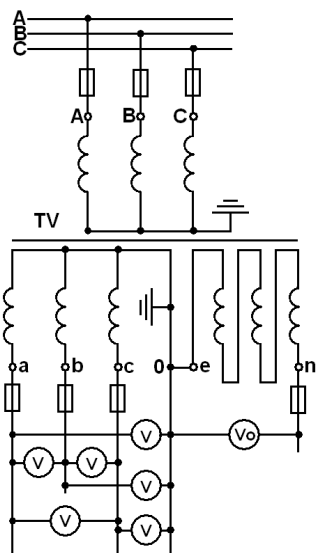
7. Схема на свързване на трифазен петбедрен ИТН

Схемата е универсална и осигурява възможност за измерване на фазовите, междуфазовите напрежения и напрежението с нулева последователност – фиг. 9.

Трансформаторът има петбедрен магнитопровод, в крайните бедра на който се затварят магнитните потоци с нулева последователност възникващи при съединения със земя. Звездните центрове на първичната и вторичната намотки както и единият край на допълнителната вторична намотка се заземяват.

Поради несиметрията на магнитната система трифазните ИТН имат по – голяма грешка отколкото еднофазните, която нараства особено при

несиметрично натоварване. По тази причина за захранване на електромери се препоръчва схемата „непълн триъгълник”, вместо трифазен трансформатор.



Фиг. 9. Свързване на трифазен петбедрен ИТН

и при пълно земно съединение на една фаза. В случая е разгледано еднофазно земно съединение на фаза С, при което фазните напрежения на здравите фази се повишава с $\sqrt{3}$, а напрежението на звездния център спрямо земята достига 100 V. Посоките на вектора на заземената фаза и вектора на напрежението на звездния център съвпадат.

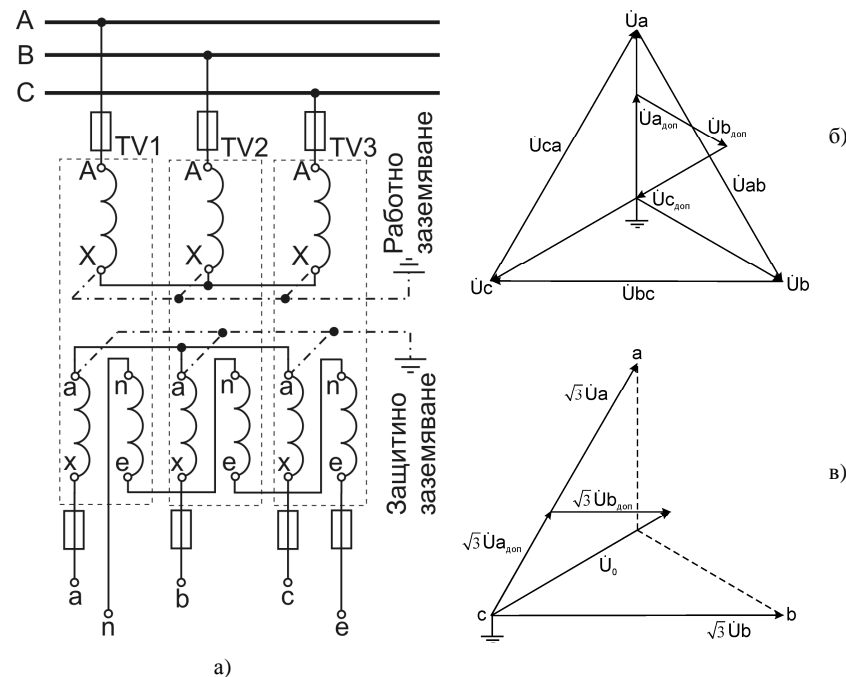
Електрическата схема от фиг. 9 може да бъде осъществена също чрез група от три еднофазни, еднополюсни ИТН, както е показано на фиг. 10.

8. Схема на свързване на три еднофазни еднополюсни ИТН

Схемата от фиг. 10 осигурява измерването на фазните, междуфазните напрежения и напреженията на несиметрия и е подходяща за универсално приложение.

Схемата звезда-звезда със заземена неутрала както на първичната, така и на вторичната намотка и наличието на допълнителна вторична (сигнална) намотка, свързана в отворен триъгълник измерва всички фазни, междуфазни напрежения и напреженията на несиметрия. На фиг. 10. б, в са показани векторните диаграми на напреженията на основната и допълнителната намотка в нормален режим

и при пълно земно съединение на една фаза. В случая е разгледано еднофазно земно съединение на фаза С, при което фазните напрежения на здравите фази се повишава с $\sqrt{3}$, а напрежението на звездния център спрямо земята достига 100 V. Посоките на вектора на заземената фаза и вектора на напрежението на звездния център съвпадат.



Фиг. 10 Схема с три еднофазни еднополюсни ИТН

III. ПРОГРАМА И УКАЗАНИЯ ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА УПРАЖНЕНИЕТО

Указания за безопасна работа

Упражнението се провежда на КЛУ – 3 с частично изключване на напрежението и наряд за работа, като част от измерванията се извършват от пулта на уредбата. В хода на лабораторните изследвания се прави няколкократно променяне на първичната схема, с повтаряне на организационните и техническите мерки за подготовка, приемане и издаване на работното място. Не трябва да се допуска отклонение от общите правила за безопасна работа. Особено внимание да се обръща на възможността за трансформиране на обратно високо напрежение при захранване на ИТН от страна на вторичните намотки. Работата по първичните схеми и подаването на напрежение към тях трябва да става само след разрешение на ръководителя на упражнението.

Определяне групата на свързване на ИТН

Група на свързване на ИТН се нарича ъгловата дефазация на линейните или фазните напрежения на вторичните намотки спрямо едноименните напрежения на първичната намотка. За определяне на групата се използва

метод чрез постоянен ток ($2\pm 6V$) и галванометър с двустранна скала и означен поляритет на изводите. Измерванията се правят на трифазен петбедрен ИТН и след това се повтарят за група от три еднофазни ИТН свързани по схема „звезда - триъгълник“. Проверката се осъществява като показващия прибор се включва към изводите на вторичните намотки изведени на пулта, а постоянноотоковият източник се свързва последователно към изводите на първичната намотка. Спазват се полярностите съответно „+“ на източника към началото на първичната, а „+“ на прибора към началото на вторичната намотка. Отклонението на стрелката на прибора надясно при включване на източника се означава съответно с „+“, а наляво с „-“. Резултатите от измерванията се нанасят в таблица – образец и се сравняват с таблици за определяне на най – често срещаните групи. Метода с постоянен ток е прост и удобен, но изисква грижливо провеждане. Понякога трудно се определя нулевата позиция на стрелката. В този случай може да се избере апарат с по – груб обхват или да се намали напрежението на източника.

Векторни диаграми на вторичните напрежения на ИТН

За снемане на векторни диаграми се използва прибор ВАФ-85М.

В тази точка на упражнението се снемат векторни диаграми на схемите на свързване на ИТН показани на фиг. 3 - 6.

Събирането на първичните схеми се извършва с наряд и пълно спазване на мерките, осигуряващи безопасността. При реализирането на всяка от посочените схеми, отговорникът на работната група организира работата по монтажа на шините между ИТН и високоволтовите предпазители в КЛЮ-3 с наряд. След свързването на всяка схема, подгрупата се извежда от уредбата, наряда се предава на дежурните, които след получаване на разрешение от ръководителя на упражнението подават напрежение. От пулта на КЛЮ-3 се измерват стойностите на вторичните напрежения и ъглите на дефазирването им, спрямо основния вектор на напрежението U_{AB} . Измерените стойности се нанасят в таблици и се построяват векторните диаграми.

ПОСОКИ НА ОТКЛОНЕНИЯТА НА ИЗМЕРВАТЕЛНИЯ ПРИБОР ПРИ ОПРЕДЕЛЯНЕ ГРУПАТА НА СВЪРЗВАНЕ НА ИЗМЕРВАТЕЛНИТЕ ТРАНСФОРМАТОРИ ЗА НАПРЕЖЕНИЕ

г р у п а 0				г р у п а 6				г р у п а 10			
В.Н. Н.Н.	АВ	ВС	СА	В.Н. Н.Н.	АВ	ВС	СА	В.Н. Н.Н.	АВ	ВС	СА
ab	+	-	-	ab	-	+	+	ab	+	-	+
bc	-	+	-	bc	+	-	+	bc	+	+	-
ca	-	-	+	ca	+	+	-	ca	-	+	+

г р у п а 11				г р у п а 9				г р у п а 7			
В.Н. Н.Н.	АВ	ВС	СА	В.Н. Н.Н.	АВ	ВС	СА	В.Н. Н.Н.	АВ	ВС	СА
ab	+	-	0	ab	0	-	+	ab	-	0	+
bc	0	+	-	bc	+	0	-	bc	+	-	0
ca	-	0	+	ca	-	+	0	ca	0	+	-

г р у п а 5				г р у п а 4				о б р а з е ц			
В.Н. Н.Н.	АВ	ВС	СА	В.Н. Н.Н.	АВ	ВС	СА	В.Н. Н.Н.	АВ	ВС	СА
ab	-	+	0	ab	+	0	-	ab			
bc	0	-	+	bc	-	+	0	bc			
ca	+	0	-	ca	0	-	+	ca			

З А Б Е Л Е Ж К И

- Началата на намотките на И Т Н са означени в таблиците с:

п	р	в	ч	н	а	А	В	С	
в	т	р	и	ч	н	а	а	б	с
- От източник за постоянно напрежение се подава краткотрайно „+“ на съответните начала на първичните намотки.
- Приборът от магнито-електричната система се включва към вторичните намотки при спазване на поляритета - „+“ на прибора към начало на съответната вторична намотка.
- Посоките на отклонение на стрелката на прибора са означени с:
 „+“ - стрелката се отклонява на дясно
 „-“ - стрелката се отклонява наляво
 „0“ - стрелката не се отклонява

IV. КОНТРОЛНИ ВЪПРОСИ

- По какви схеми се свързват ИТН ?
- Какви особености характеризират експлоатацията на всеки ИТН ?
- Кога се получава и как се измерва напрежение с нулева последователност ?
- Защо се заземява първичната намотка на трифазен петбедрен ИТН ?
- Кои схеми могат да се използват за включване на земна контрола ?
- Каква е практическата приложимост на векторните диаграми ?
- Кога заземяването на звездния център на свързаните в обща точка намотки е работно?

ЛАБОРАТОРНО УПРАЖНЕНИЕ № 10

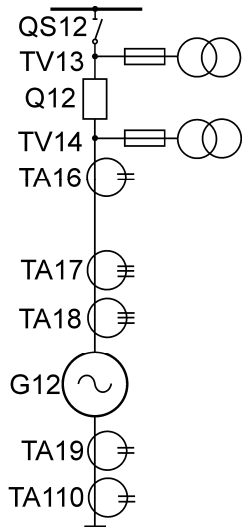
ОПЕРАТИВНО ОБСЛУЖВАНЕ НА ГЕНЕРАТОРНО ПРИСЪЕДИНЕНИЕ

I. ЦЕЛ НА УПРАЖНЕНИЕТО

Запознаване с първичната схема на генераторно присъединение, изучаване на общото устройство, специфичните функционални особености на командните табла за управление, автоматичните устройства, релейните защиты и реда на работа при оперативно обслужване на лабораторен синхронен генератор с малка мощност.

II. УСТРОЙСТВО И ЕЛЕКТРИЧЕСКИ СХЕМИ НА ЛАБОРАТОРНО ГЕНЕРАТОРНО ПРИСЪЕДИНЕНИЕ

В лабораторията са изградени две генераторни присъединения по сходна главна схема, но с различно оперативно управление – централизирано и децентрализирано. На фиг. 1 е представена еднолинейна първична схема на генераторно присъединение G12, управлението на което се реализира от местен и главен пулт. Подобна организация за управление на технологичните процеси е приложима в топлофикационни електрически централи с напречни връзки в топломеханичната и електрическата част. Лабораторният генератор отдава произвежданата енергия чрез първа секция на шинната система в лабораторията към електроенергийната система.



Фиг. 1. Принципна еднолинейна схема на генераторно присъединение

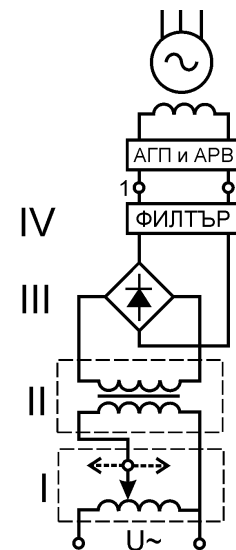
В схемата се използват прекъсвач Q12, разединител QS12 и измервателни трансформатори за напрежение (ИТН) и ток (ИТТ):
– еднофазен ИТН свързан към фази А и В на системата, означен с TV13, осигурява вторично напрежение за синхронизационна колонка;
– два еднофазни ИТН свързани към изводите на генератора в схема “непълн триъгълник”. Схемата е означена с TV14 и осигурява напрежение за измервателни апарати, синхронизационна колонка, автоматика и релейни защиты;
– ИТТ означени като TA16 и TA110, монтирани във фази А и С, предназначени за захранване на диференциална защита на генератора;
– ИТТ означени като TA17, монтирани на фази А, В, С, за контролно - измервателни апарати;
– TA18, свързани на фази А, В, С, за захранване на релейна защита срещу земни

съединения;

– ИТТ означени с TA19, монтирани на фази А и С, за захранване на максималнотокова защита с блокировка по напрежение и защита срещу претоварване.

Техническа характеристика на синхронния генератор: – номинална пълна мощност 5 кVA; номинален коефициент на мощност 0,8; номинален ток на статора 7,2 А; номинално напрежение 0,4 kV; номинална честота 50Hz; номинална честота на въртене 3000 s⁻¹; свързване на статорната намотка в звезда. Началата на трите фази на статорната намотка са изведени в клемна кутия и са означени C₃, C₂, C₁, а краищата - съответно C₆, C₅, C₄. Последователността на фазите от страна на кутията съвпада с фазовия ред А, В, С на системата.

Възбудителна система на лабораторен синхронен генератор



Фиг. 2. Принципна схема на възбудителна система на генератора

Главно командно табло на генераторно присъединение

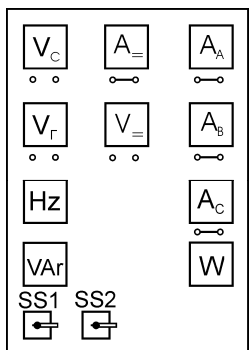
Главно командно табло е централизирана уредба, комбинирана от стоящо табло и пулт, от които се осъществява контрол и управление на работата на синхронния агрегат - първичен двигател и генератор.

На фиг. 2 е дадена електрическа схема на възбудителната система на генератора, която се състои от елементите:

I – автотрансформатор за регулиране на напрежението подавано към изправител III. Плъзгачът на автотрансформатора има моторно задвижване с дистанционно управление;
II – разделителен трансформатор за електрическо отделяне на веригите на токоизправителя;
III – двупътен четирираменен токоизправител;
IV – филтър, който изглажда пулсациите на изправеното напрежение;
Устройство за автоматично гасене на полето (АГП) и за автоматично регулиране на възбудането (АРВ).

Схемата осигурява плавно изменение на напрежението на възбудане U_f от нула до номиналната стойност.

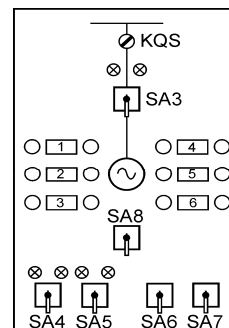
Технически параметри на възбудителната система: - номинално напрежение 90 V; номинален възбудителен ток 3,8 А; максимален възбудителен ток 7,6 А; допустима продължителност на протичане на максималния ток 60 s.



Фиг. 3. Фасада на стоящо табло

На фиг. 3 е показана фасадата на стоящото табло, на която са монтирани контролно – измервателни апарати и превключватели: – два волтметра V_c и V_g включени към междуфазни напрежения от страна на системата и от страна на генератора (над и под прекъсвача Q2). С тях се контролира първоначалното изравняване на напрежението преди включване на генератора в паралел или напрежението на шинната система в лабораторията при самостоятелна работа на генератора; честотомер Hz включен към междуфазно напрежение на изводите на генератора за контролиране честотата на генератора преди включване в паралел или честотата на системата при паралелна работа; три амперметра A_A , A_B , A_C , за контролиране на натоварването на всяка фаза; ватметър за активна W и за реактивна VAr мощност, отчитащи произведените от генератора мощности; амперметър $A_{=}$ и волтметър $V_{=}$ за контролиране на състоянието на възбудителната система чрез измерване на тока и напрежението на роторната намотка. Под всички амперметри и волтметри са монтирани клеми, към които се свързват лабораторни прибори за по-точни измервания. На долната лява част на фасадата са монтирани превключватели: – SS1, за включване и изключване на синхронизационната колонка; SS2 – за избор на метод за синхронизация (точна или без синхронизация).

На фиг. 4 е дадена фасадата на главен пулт за управление с еднолинейна мнемонична схема на генераторното присъединение, в която са вградени: – магнитен показател KQS, който сигнализира положението (изключено, включено) на разединителя QS12 на присъединението. При включен разединител черната ивица е вертикална, при изключен – хоризонтална, а при липса на оперативното напрежение ивицата е в неутрално положение, под 45° спрямо линията; команден ключ SA3 за дистанционно включване и изключване на генераторния прекъсвач Q12. Отляво над ключа свети зелена лампа при изключен прекъсвач, а червена лампа отдясно свети ако прекъсвачът е включен; ключ SA8 за дистанционно управление на задвижването на автотрансформатора от възбудителната система, с който при завъртане наляво се намалява, а при завъртане надясно – се увеличава възбудителния ток на генератора; ключ SA4 за дистанционно управление на шунтовия реостат на първичния двигател, с който при завъртане наляво се намалява (свети лявата сигнална лампа), а при завъртане надясно (светва дясната сигнална лампа) – се увеличава честотата на въртене на генератора ако той работи самостоятелно. След включването на генератора в паралел със системата чрез тези команди се изменя натоварването му с активна мощност; ключ SA5 за дистанционно



Фиг. 4. Фасада на пулт за управление

включване и изключване на автомата за гасене на полето (АГП). Над ключа отляво свети лампа зелена когато АГП е изключен или ако е включен – отдясно свети червена лампа; превключвател SA6 за въвеждане (позиция втора) и извеждане (позиция първа) на форсировката на възбудяването; превключвател SA7 за въвеждане (позиция втора) и извеждане (позиция първа) на устройството за автоматично регулиране на възбудяването.

Вторичните схеми за дистанционно управление, в които участват описаните ключове и превключватели са обвързани със следните електрически блокировки:

- автоматът от АГП може да се включи чрез ключ SA5 когато плъзгачът на автотрансформатора от възбудителната система е в начално положение. За целта ключ SA8 се завърта наляво, при което двигателят от задвижването на автотрансформатора не работи;
- генераторният прекъсвач Q12 може да се включи от ключ SA3 ако автоматът от АГП е включен от ключ SA5 и APB е изведено с превключвателя SA7 (първа позиция);
- при включен генераторен прекъсвач Q12 ако от ключа SA5 се изключи АГП се извършва автоматично изключване и на прекъсвача Q12.

От двете страни на мнемоничната схема е разположен командоапарат, състоящ се от шест светлинни табла с означени команди и дванадесет бутона за подаване и снемане на команди. Аналогично е изпълнен втори комплект на командоапарата на местния пулта за управление на първичния двигател. Стандартните команди са:

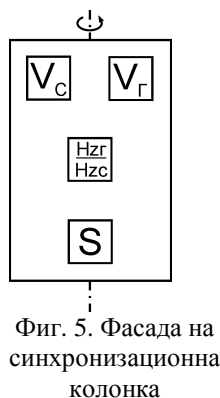
- | | |
|----------------------------------|------------------------------|
| 1. Генераторът включен в паралел | 4. Генераторът извън паралел |
| 2. Увеличи товара | 5. Изключи генератора |
| 3. Намали товара | 6. Отбой |

Командоапаратът служи за връзка между дежурния на пулта за управление на генератора и дежурния на пулта за управление на първичния двигател на генератора. Командата „Отбой“ отменя подадена команда или означава завършване на връзката.

Синхронизационна колонка

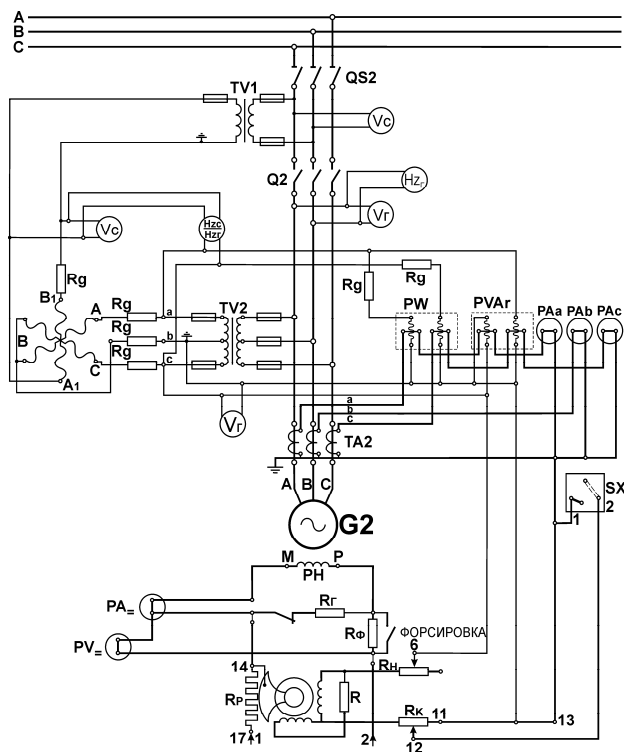
Монтирана е отляво на стоящото табло на генератора и за удобство при работа може да се завърта около вертикалната си ос. Колонката за синхронизация включва следните апарати – фиг. 5: – два волтметра V_c и V_g , отчитащи напреженията на системата и на генератора; честотомер с две измерващи системи: – скала H_{zc} , отчита честотата на електроенергийната система, съответно скала H_{zg} – на генератора; синхроскоп S, сравняващ фазовите ъгли на напреженията на системата и на генератора. Стрелката на

синхроскопа при движението си показва посоката, в която трябва да се измени скоростта (честотата) на въртене на генератора.



Автоматично гасене на полето

Устройството на автоматично гасене на полето състои от автомат за комутиране на постояннотокови вериги и мощен резистор R_r – фиг. 6. При възникване на повреда в генератора или на изводите следва незабавното му изключване от мрежата. Поради продължаващото движение по инерция във вътрешните контури на машината се поддържа е.д.н. След аварийни и други изключения на работещ генератор се изключва възбудителната система, а запасената в генератора електромагнитна енергия се изразходва в гасителния резистор R_r , свързан паралелно на роторната намотка, при което се постига бързо намаляване на е.д.н. до нула.

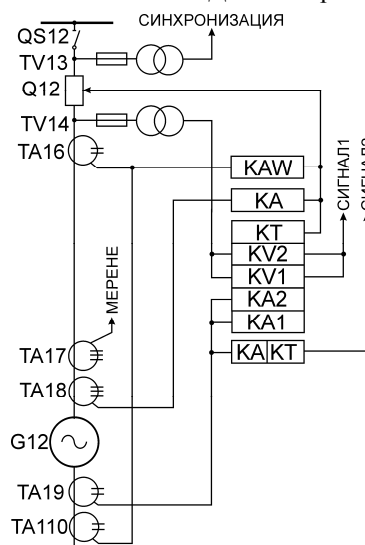


Фиг. 6. Схема на електрическите вериги на генератора

Релейни защиты на генераторно присъединение

За защита при възникване на аварийни режими са изградени основните релейни защиты на генераторното присъединение. Предвидена е възможност за въвеждане на автоматични устройства, осъществяващи поддръжане на режимните параметри в зададени граници при нормална работа.

На фиг. 7 е показана структурна схема на релейните защиты на генератора: – диференциална защита KAW, изпълнена с две диференциални релета тип РНТ - 56. Действа при къси съединения в зоната между ТА16 и



Фиг. 7. Структурна схема на релейната защита на генератора

ТА110 и изключва без закъснение АГП и генераторния прекъсвач Q12; – защита срещу земни съединения KA, реализирана с токово реле тип РТ – 40/0,2. Действува при з.с. в статорната намотка на генератора и изключва без закъснение АГП и генераторния прекъсвач Q12;

– максималнотокова защита с блокировка по минимално напрежение, изпълнена с две токови релета KA1, KA2 тип РТ – 40/10, две релета за напрежение KV1, KV2 тип РН – 54 и реле за време KT тип ЭВ 132. Действува при външни к.с. съпроводени от понижаване на напрежението под $0,8 U_H$ и изключва автомата на АГП и генераторния прекъсвач Q12 със закъснение 1,5 s. При повреди на вторичните вериги за напрежение

заработва едно или двете релета KV1, KV2 и с вторите си контакти подават СИГНАЛ 1 „Прекъснати вериги за напрежение“;

– максимално токова защита KA/KT, изпълнена с токово реле тип РТ - 40/10 и реле за време тип ЭВ-132. Действува при увеличаване на статорния ток над $1,5 I_H$ и след закъснение от 6 s подава СИГНАЛ 2 „Претоварване на генератора“.

Електрозадвижване на синхронния агрегат

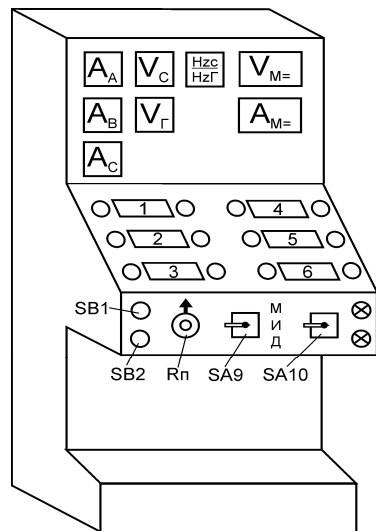
Първичният двигател MS12, който задвижва лабораторния генератор е машина за постоянен ток тип П – 51 с номинална мощност 6 kW, номинално напрежение 220V, номинален ток 32,2 A и номинална честота на въртене 1500 s^{-1} . Механичната връзка между първичния двигател и синхронния

генератор е осъществена с ремъчна предавка, която увеличава честотата на въртене от 1500 s^{-1} на 3000 s^{-1} .

Първичният двигател и генераторът, свързани чрез механична ремъчна връзка образуват синхронен агрегат. Синхронният генератор се задвижва от двигателя, който се захранва с постоянен ток по кабелен извод № 2 от източник на постоянно напрежение. Източникът е постояннотоков генератор G13, задвижван от трифазен асинхронен двигател M13, наречени мотор-генераторна група (МГГ). При работеща МГГ и включен извод № 2, първичният двигателът получава постоянно напрежение след включване на контактор (прекъсвач) от бутон SBC14, а пускането му става чрез пусков реостат $R_{п}$. Честотата на въртене на синхронния агрегат при самостоятелна работа (съответно натоварването му ако е в паралел) се регулира чрез шунтов реостат с дистанционно управление от ключ SA4 или ключ SA10. Развъртането при пускане се облекчава, като в процеса на извеждане на пусковия реостат $R_{п}$, автоматично се изключва действието на шунтовия реостат чрез свързването му накъсо.

Местен пулт за управление

На фиг. 8 е показан общ вид на местен команден пулт за управление на първичния двигател на синхронния агрегат, разположен в машинна зала.



Фиг. 8. Общ вид на местен пулт за управление на първичния двигател

На вертикалната част с контролно-измервателните апарати са монтирани:

– три амперметра A_A , A_B , A_C за контрол на трите фазни тока, както аналогичните амперметри от стоящото табло на генератора; двоен честотомер със скала H_z_c за отчитане на честотата на системата и скала H_z_T – честотата на генератора; волтметър $V_{M=}$ и амперметър $A_{M=}$ за измерване на напрежението и тока на първичния двигател.

На вертикалната част с апаратите за управление са монтирани: – два бутона с вградени сигнални лампи, съответно SBC14 (червен) – за включване и SBT14 (зелен) – за изключване на контактора на първичния двигател; ръкохватка на пусковия реостат $R_{п}$, която при пускане на двигателя се върти в посока на часовниковата стрелка от крайно ляво (начално състояние на реостата) до крайно дясно положение (изведен реостат); превключвател SA9 за избиране

на мястото, от което се извършва ръчно управление на честотата или натоварването на постояннотоковия двигател с три положения за управление: – *местно* (М) от пулта чрез SA10; *изключено* (И); *дистанционно* (Д) от главното командно табло чрез ключ SA4; ключ SA10, с който при завъртане нагоре (светва горната сигнална лампа) се увеличава, а при завъртане надолу (светва долната сигнална лампа) се намалява честотата на въртене или натоварването на първичния двигател.

На наклонената част е монтиран втори комплект на командоапарата.

III. ОПЕРАТИВНО ОБСЛУЖВАНЕ НА ЛАБОРАТОРНО ГЕНЕРАТОРНО ПРИСЪЕДИНЕНИЕ

Оперативното обслужване на генераторно присъединение обхваща шест групи дейностите - подготовка за пускане, пускане, синхронизиране и включване в паралел, натоварване, разтоварване и излизане от паралел, спиране.

1. Подготовка

За безопасно пускане на лабораторния синхронен агрегат се проверява изключени ли са шинният разединител QS12 на генераторното присъединение и секционният разединител QS2 между първа и втора секция на шинната система; закрити ли са всички наряди за работа по генераторното присъединение; снети ли са всички преносими заземители, табели и подвижни ограждения от генераторното присъединение; затворени ли са постоянните ограждения към синхронния агрегат.

Оглежда се синхронния генератор и задвижващия го първичен двигател, изводите на генератора и шинната система, измервателните трансформатори и релейните защиты към присъединението, двигател-генераторната група и таблото за управлението ѝ. Обръща се внимание на комплектността на съоръженията, отсъствието на предмети и инструменти по тоководещите части, състоянието на сигналните елементи.

Измерва се изолационното съпротивление на статорната и роторната намотка на генератора с мегаомметър за 500V.

Изключва се синхронизационната колонка и магистралата за избор на метод за синхронизация чрез превключватели SS1 и SS2. Поставят се всички предпазители на стоящото табло и на трансформаторите за напрежение към генераторното присъединение. Установяват се ръкохватките на пусковия реостат на първичния двигател на синхронния генератор и на постояннотоковия генератор в начално положение (крайна лява позиция).

Изпробват се основните системи:

- командоапарат - всички команди се подават и снемат последователно от бутоните за включване и за изключване;

- дистанционно управление на натоварването на генератора - задейства се от ключ SA4 при положение „дистанционно”, съответно от ключ SA10 при позиция „местно” на превключвателя SA9 от местния пулт за управление на първичния двигател. След пробата устройството се установява в начално състояние чрез задържане на SA4 в ляво положение до изгасване на лявата сигнална лампа;

- дистанционно управление на възбудителния автотрансформатор - превключва се ключ SA7 на първа позиция, с ключ SA5 се включва автоматът на АГП, а с ключ SA8 се задейства краткотрайно задвижването на автотрансформатора, след което с ключ SA5 се изключва автоматът на АГП. След пробата автотрансформаторът се връща в начално положение чрез задържане на SA8 в лява позиция до спиране на двигателя от задвижването му;

- дистанционно управление на автоматът за АГП и на генераторния прекъсвач - превключва се ключ SA7 на първа позиция, а SS2 на трета позиция и с ключ SA5 се включва автоматът, а след него и прекъсвача Q12 чрез команда от ключ SA3;

- блокировка между автоматът за АГП и прекъсвача на генератора - при включен автомат и прекъсвач, се изключва чрез SA5 автоматът за АГП и трябва да последва изключване на прекъсвача.

След завършване на пробите прекъсвачът Q12 и автоматът за АГП на генератора трябва да са изключени, а устройствата с дистанционно управление в начална позиция.

Включва се секционния разединител QS2 между първа и втора секция от шинната система. Включва се главния разединител QS1 и главния прекъсвач Q1, чрез които се подава напрежение от електроенергийната система на втора секция на лабораторната уредба. Включва се шинния разединител QS12 на генератора.

Пуска се двигател-генераторната група от пулта за управление - с ключ SA16 се включва прекъсвача Q16 на асинхронния двигател M13 от групата, изчаква се автоматичният превключвател Y/Δ да превключи статорната намотка на двигателя в триъгълник и се възбужда постояннотоковия генератор G13 чрез плавно завъртане на ръкохватката на пусковия реостат по посока на часовниковата стрелка. С ключа SA15 от пулта на групата се включва прекъсвач Q15 (контактор) за подаване на напрежение към постояннотоковите изводи. Постоянно напрежение към първичния двигател MS12 на синхронния агрегат се осигурява по извод № 2 чрез разединител QS14.

2. Пускане

Дейностите за развъртане и възбуждане на генератора подготвят синхронизирането и включването му в паралел с електроенергийната система.

Развъртане на лабораторния синхронен агрегат: - чрез бутон SBC14 от местния пулт за управление се включва контактора за подаване на напрежение към първичния двигател; завърта се плавно и бавно ръкохватката на пусковия реостат от крайно ляво до крайно дясно положение и се следи по честотомера и амперметъра увеличаването на честотата и тока; превключва се SA9 на позиция „местно” управление и с ключ SA10 се установява честотата 50 Hz; превключва се SA9 на позиция „дистанционно”, с което управлението се предава на главния пулт.

Възбуждане на лабораторния генератор от главния пулт за управление: - чрез SA7 се извежда устройството за АРВ; включва се автоматът за АГП от SA5; подават се краткотрайни командни импулси за повишаване на напрежението на възбудителната система чрез завъртания надясно на ключа SA8 и се следят апаратите във веригата на възбуждането ($V=$, $A=$). Генераторът е възбуден и подготвен за синхронизация, ако при възбудителен ток 0,8 А междуфазното напрежение е 0,38 kV

3. Синхронизация и включване в паралел

За включване в паралел по метода на точната синхронизация генераторът трябва да бъде развъртан от първичния двигател до синхронна скорост (кръговите честоти $\omega_c = \omega_r$), да бъде възбуден до изравняване на е.д.н. E_r с напрежението на системата U_c ($E_r = U_c$) и да бъде проверено съответствието на фазите на векторите на напреженията на системата и генератора. За целта се превключва SS2 на трета позиция и се избира метод на точна синхронизация, а SS1 – на втора позиция за включване на волтметрите и честотомерите от синхронизационната колонка. Подават се импулсни управляващи команди от ключовете SA8 и SA4 докато се изравнят показанията на волтметрите и честотомерите от синхронизационната колонка. Превключва се SS1 на трета позиция, с което се включва синхроскопа и чрез импулсни команди от SA4 се постига съответствие по фаза между е.д.н. на генератора и напрежението на системата. Когато стрелката на апарата започне бавно и плавно да се върти по посока на часовниковата стрелка и застане срещу черната черта от скалата се включва генераторния прекъсвач с команда от ключа SA3 и генераторът влиза в паралел със системата. Превключват се SS1 и SS2 в изходно положение. По командоапарата се предава информация „Генераторът включен в паралел”.

4. Натоварване

В нормален режим на работа синхронните генератори могат да поемат товари, при което трябва да се спазват номиналните технически параметри – пълна, активна и реактивна мощност, напрежение, фактор на мощност, честота и др. Възможни са режими на работа, при които агрегатите работят с отклонения от номиналните си параметри, поради специфични експлоатационни условия възникнали в енергийната система или в състоянието на агрегата.

Режимите на работа се приемат за допустими, когато отклоненията са в зададени и контролируеми граници:

- работа на генератора с фактор на мощността, различен от номиналния се определя от допустимите съотношения между произведената активна и реактивна мощност, ограничени от товаровата диаграма при спазване на граничните условия по нагряване и устойчивост за всеки конкретен случай;

- при самостоятелна работа на синхронния генератор се разрешава изменение на честотата с $\pm 5\%$ от номиналната, при запазване на номиналната пълна мощност и не се допуска работата с по-голямо отклонение на честотата;

- при нормална работа в паралел със системата ако се изключи първичният двигател, генераторът преминава в двигателен режим, който е допустим за ограничено време. Незабавно трябва да изсянат причините за изключването и ако е възможно да се включи повторно първичния двигател. Не се разрешава включване на генератора в режим на двигател, поради малкия му асинхронен момент и невъзможността да влезе в синхронизъм.

- при загубване на възбудането генераторът преминава в асинхронен режим, който може да продължи много кратко време поради прегряване на челните съединения на намотките и на страничните пакети на статорния магнитопровод. Режимът не е разрешен в случаите, за които синхронния генератор не може да влезе в синхронизъм при евентуално възстановяване на възбудането му.

- при несиметричен товар на трите фази на генератора се появява ток с обратна последователност, който предизвиква допълнително нагряване, механични натоварвания и вибрации. Токът с обратна последователност не се измерва директно, а степента на несиметрия се оценява с израза $I_{\text{НС}} \% = 100(I_{\text{max}} - I_{\text{min}}) / I_{\text{н}}$, където I_{max} , I_{min} са най-големия и най-малкия фазов ток; $I_{\text{н}}$ и $I_{\text{НС}}$ – номиналния ток на генератора и тока на несиметрия. Токът на несиметрия на лабораторния синхронен генератор трябва да е под 20%.

Натоварването на лабораторния генератор се извършва чрез подаване на импулсни управляващи въздействия със завъртане надясно на ключ SA8 – за реактивна, съответно SA4 или SA10 – за активна мощност.

5. Разтоварване и излизане от паралел

В нормални условия товарът може да се намалява до нула и лабораторния агрегат да се изведе от паралелна синхронна работа със системата в следната последователност: - разтоварва се генератора чрез подаване на импулсни управляващи въздействия с ключ SA4 (или SA10) – за активна мощност, съответно с SA8 – за реактивна, като непрекъснато се следят ватметъра и варметъра и се поддържа по-голяма реактивна мощност, за осигуряване устойчивостта на режима. След достигане на мощностите до нулеви стойности, с ключа SA3 се изключва генераторния прекъсвач и машинният агрегат остава да работи на празен ход.

6. Спиране

Работещия самостоятелно на празен ход лабораторен синхронен агрегат се спира в следната последователност: - намалява се напрежението на генератора до нула чрез завъртане наляво и задържане на ключа SA8 до спиране на двигателя от задвижването на автотрансформатора; изключва се автоматът за АГП чрез ключа SA5; подава се команда „изключи генератора (първичния двигател)“; спира се първичния двигател на агрегата с бутона SBT14 от местния пулт; изключва се: разединителя QS12 на генераторно присъединение и секционен разединител QS2 между първа и втора секция.

Спиране на двигател - генераторната група от пулта за управление на групата: - изключва се контактора за подаване на напрежение към постояннотоковите изводи с ключа SA15; откъсва се постояннотоковия генератор чрез завъртане на ръкохватката на пусковия реостат до крайно ляво положение; изключва се асинхронният двигател на групата с ключа SA16; изключва се разединителя QS14 на извод № 2 към първичния двигател на генератора.

IV. ПРОГРАМА И УКАЗАНИЯ ЗА ПРОВЕЖДАНЕ НА УПРАЖНЕНИЕТО

Изисквания за безопасна работа

Упражнението се провежда с наряд и изпълнение на техническите и организационни мерки за безопасна работа. Дежурните по лабораторията предварително изключват шинния разединител на генератора, секционния разединител между първа и втора секция на шинната система, ключа на постояннотоковия извод № 2 от пулта за управление на мотор-генераторната група и поставят табелки „Не включвай! Работят хора“ на ръкохватките на задвижванията им.

Запознаване с елементите и особеностите на електрическите схеми

Студентите изучават самостоятелно конструктивното изпълнение на първичната електрическа схема на генераторното присъединение, компоновката на мотор – генераторната група и условията за безопасното ѝ обслужване по време на работа, разположението и връзките с фазите на измервателните трансформатори за ток и напрежение, генераторния прекъсвач и разединител, монтажното изпълнение на първа секция от шинната система на лабораторията и на секционния разединител между първа и втора секция. Проследяването се осъществява визуално без докосване на тоководещите части и без извършване на каквито и да е комутационни превключвания.

Студентите се запознават с разположението на контролно-измервателните апарати, на ключовете и превключвателите от вторичните вериги за дистанционно управление и на командоапарата върху стоящото табло и главния пулт за управление на генератора. Извършват се

манипулации с превключвателите към синхронизационната колонка и системата за форсировка и автоматично регулиране на възбуждането, с ключовете на автомата от АГП и за изменение на честотата на въртене (натоварване) на генератора. Обръща се внимание на измервателните апарати от командния табло, дублиращи приборите към статорната намотка на генератора от главния пулт, на апаратите и ключовете за дистанционно управление на първичния двигател. От местното командно табло се извършват пробни манипулации с бутоните за включване и изключване на контактора, с ръкохватката на пусковия реостат, с превключвателя за избор на място за управление и с ключа за изменение на честотата на въртене или натоварването на първичния двигател. Изучава се принципната схема от релейния панел на генераторните защиты, апаратното изпълнение на схемата, начините за въвеждане и извеждане на защитите и сигнализацията при заработването им.

Оперативно обслужване на лабораторно генераторно присъединение

При извънаудиторната си подготовка, студентите попълват бланки, в които записват поредността на дейностите свързани с оперативното обслужване на генераторното присъединение:

- 1) 6 бланки за подготовка на генератора – № 1 до № 6 съдържащи пълно поредно описание на дейностите, които предхождат пускането.
- 2) 2 бланки за пускане на генератора – № 7 за поредните манипулации при развъртане и № 8 - за манипулации при възбуждане;
- 3) 2 бланки за спиране на генератора – № 9 за манипулациите при спиране на генератора и № 10 - за манипулациите при спиране на двигател-генераторна група.

Отговорникът на работната група проверява номерацията на бланките и правилността на описанията в тях дейности и се подписва в графата „проверил бланката”. Дейностите от бланките се извършват от двама души, при което се спазва последователността на номерацията им и не се допуска едновременна работа по две бланки.

Измерванията, пробите и включванията се извършват с повишено внимание за безопасна работа. Прави се еднократна подготовка за пускане на лабораторния генератор, като се изпълняват дейностите описани в бланки от № 1 до № 6. Пуска се генератора в съответствие с реда описан в бланки № 7 и № 8, при което манипулациите се извършват еднократно. Студентите изпълняват последователно възложените им от ръководителя на упражнението длъжности - дежурен на местен пулт за управление на първичен двигател и дежурен на главен пулт за управление на генератора.

Дежурният на местния пулт за управление на първичния двигател следи общото състояние на генератора и на задвижващия го първичен двигател, контролира показанията на апаратите от пулта, сигнализира за

забелязани ненормални явления (вибрации, шум, миризма на изгоряло и др.) и изпълнява командите получени по командоапарата. Дежурният незабавно подава команда „изключи генератора” и изключва първичния двигател чрез натискане на бутона SBT14 (със зелено светеща вградена сигнална лампа) при възникване на периодично люлеене на трите амперметъра на статорните токове, което е указание за преминаване на генератора в асинхронен режим, при увеличаване на честотата над 50 Hz или при механични повреди, пожар и други аварии.

Функциите на дежурния на главния пулт за управление на синхронния генератор са да синхронизира, включва в паралел, натоварва и разтоварва с реактивна и активна мощност и да изключва от паралел генератора. При натоварване и разтоварване на генератора с активна мощност, за известно време управлението се предава на дежурния при пулта на първичния двигател като се използват командите „увеличи товара”, „намали товара” и „отбой”. При преминаване на генератора в асинхронен режим (периодично люлеене на трите амперметъра на статорните токове), при погрешно изключване или при изключване от релейна защита на натоварен генератор и при други недопустими режими на работа, дежурният на главния пулт незабавно подава команда „изключи генератора” и завърта наляво ключ SA5 за изключване на автомата от АГП и ключ SA3 за изключване на генераторния прекъсвач.

Синхронният генератор се спира в съответствие с реда на работа, описан в бланки № 9 и № 10.

IV. КОНТРОЛНИ ВЪПРОСИ

1. Особенности на електрическата схема на генераторното присъединение?
2. Устройство и особености на възбудителната система на генератора?
3. Предназначение на измервателните апарати на лабораторния генератор?
4. Видове и действие на автоматичните устройства на генератор?
5. Какви са релейните защиты на лабораторния генератор?
6. Основни етапи при подготовката за пускане на синхронен генератор?
7. Как се осъществява пускането на лабораторен генератор?
8. Методи и условия за включване на синхронни агрегати в паралел?
9. Манипулации при включване на синхронен генератор в паралел?
10. Допустими режими на работа на синхронните генератори ?

Образец!

Технически университет – Варна
Катедра „Електроенергетика“
Дисциплина „Електрическа част на електрически централи и подстанции“
Наряд №.....
за извършване на работа в електрическа уредба

• Попълва се от издаващия наряда!

На изпълнителя на работата (наблюдаващия).....
(излишното се зачертава) (трите имена, квал. група)

.....се нарежда.....
(основни работи и място на извършването им)

.....от дата.....час....., до дата.....час.....
 Условия на работа.....
(с пълно, с частично или без изключване на напрежението; с или без зазимяване; с или без преминаване от едно място на друго, къде и защо)

Отговорен ръководител.....
(трите имена, квалификационна група)

Да се изключат:.....
(прекъсвачи, разединители, предпазители и др.)

Да се поставят табели и ограждения:.....
(посочва се точно място и вид)

Да се поставят заземления:.....
(вид и място)

Особени указания:.....

Изда наряда:.....
(трите имена, квалификационна група)

Дата.....час.....Подпис:.....

• Попълва се от отговорния ръководител и издалия наряда!

Състав на бригадата:.....човека:.....
(трите имена, квалификационна група)

Подпис на отговорния ръководител:.....Подпис на издалия наряда:.....

• Попълва се от допускащия!

Исключени:.....
(прекъсвачи, разединители, предпазители и др.)

Поставени табели и ограждения:.....
(посочва се съдържанието на табелите и точното място на поставянето им)

Поставени заземления:.....
(място, вид и номер)

Изпълнение на особените указания:.....

Допускащ:.....
(трите имена, квалификационна група и подпис)

• Попълва се от отговорния ръководител и членовете на бригадата!

Преди започването на работата всички мерки по осигуряване на техническата безопасност са изпълнени.
 Подпис на отг. р-л:..... Подписи на членовете на бригадата: 1.....2.....3.....
 4.....5.....6.....7.....8.....

Изменения в състава на бригадата.

Въведен	Разрешил	Изведен	Разрешил

За „въведен“ и „изведен“ се записват: трите имена и квалификационната група.

За „разрешил“ се записват: дата, час и подпис на разрешилия.

• Попълва се от допускащия и изпълнителя на работата!

Оформяне на ежедневното допускане до работа и преминаване на друго работно място.
Условие за допускане до работата за деня: Мерките за безопасност да са изпълнени.
Условие за завършване на работата за деня: Членовете на бригадата да са изведени.

Наименование на работните места	Допускане до работата за деня. Остават под напрежение:			Завършване на работата за деня		
	Дата и час	Допускащ (фамилия и подпис)	Изпълнител (подпис)	Дата и час	Допускащ (фамилия и подпис)	Изпълнител (подпис)

• Попълва се от отговорния ръководител, изпълнителя на работата и допускащия!

Оформяне приключването на работата и закриването на наряда.

Работата напълно завършена на.....в.....часа.....мин..... Материалите и инструментите са прибрани. Преносимите заземители с №..... са снети. Членовете на бригадата са изведени. Преносимите заземители с №..... са оставени поради..... За завършване на работата е съобщено от..... на дата..... час..... мин..... Нарядът е закрит на.....в.....часа.....мин..... Подпис на отг. р-л. Подпис на изпълнителя на работата:.....Фамилия и подпис на допускащия (отговорно лице от оперативния персонал).....

• Попълва се от издаващия наряда!

Нарядът е проверен на.....от..... Подпис:.....
 Забележка: в текста не се допускат поправки и зачерквания.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Наредба за устройството на електрическите уредби и електропроводните линии, София, 2004 г.
- [2] Правилник за безопасност при работа в електрически уредби на електрически и топлофикационни централи и по електрически мрежи, София, 2004 г.
- [3] Наредба за техническата експлоатация на електрически централи и мрежи. София, 2004 г.
- [4] Иванов Т. С., А. М. Врангов. Ръководство за лабораторни упражнения по електрическа част на електрически централи и подстанции. ВМЕИ-Варна, Варна, 1989 г.
- [5] Дорошев К. И. Эксплуатация комплектных распределительных устройств 6-220 kV. Москва, Энергоатомиздат, 1987 г.
- [6] Проспектни материали на фирми производители на апарати за високо напрежение.

СЪДЪРЖАНИЕ

Ръководство за лабораторни упражнения по “Електрическа част на електрически централи и подстанции”	
Предговор.....	2
Лабораторно упражнение № 1	
ОРГАНИЗАЦИЯ ЗА БЕЗОПАСНОСТ ПРИ РАБОТА, УСТРОЙСТВО И ЕКСПЛОАТАЦИЯ НА ЛАБОРАТОРИЯ “ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ЦЕНТРАЛИ И ПОДСТАНЦИИ”	4
Лабораторно упражнение № 2	
ОПЕРАТИВНО ОБСЛУЖВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ УРЕДБИ	14
Лабораторно упражнение № 3	
МАЛОМАСЛЕНИ ПРЕКЪСВАЧИ	25
Лабораторно упражнение № 4	
ВАКУУМНИ ПРЕКЪСВАЧИ	35
Лабораторно упражнение № 5	
ИЗСЛЕДВАНЕ НА КОМУТАЦИОНЕН БЛОК ОТ КОМПЛЕКТНО РАЗПРЕДЕЛИТЕЛНО УСТРОЙСТВО	46
Лабораторно упражнение № 6	
ИЗПИТВАНИЯ НА ИЗМЕРВАТЕЛНИ ТРАНСФОРМАТОРИ ЗА ТОК	55
Лабораторно упражнение № 7	
ИЗПИТВАНИЯ НА ИЗМЕРВАТЕЛНИ ТРАНСФОРМАТОРИ ЗА НАПРЕЖЕНИЕ ..	63
Лабораторно упражнение № 8	
СХЕМИ НА СВЪРЗВАНЕ И ВЕКТОРНИ ДИАГРАМИ НА ИЗМЕРВАТЕЛНИ ТРАНСФОРМАТОРИ ЗА ТОК	71
Лабораторно упражнение № 9	
СХЕМИ НА СВЪРЗВАНЕ И ВЕКТОРНИ ДИАГРАМИ НА ИЗМЕРВАТЕЛНИ ТРАНСФОРМАТОРИ ЗА НАПРЕЖЕНИЕ	77
Лабораторно упражнение № 10	
ОПЕРАТИВНО ОБСЛУЖВАНЕ НА ГЕНЕРАТОРНО ПРИСЪЕДИНЕНИЕ	87
Образец на наряд за работа.....	101
ЛИТЕРАТУРА	103