

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

Кафедра ЕСС

Аналіз режимів роботи силових трансформаторів і синхронних генераторів

Виконав:
ст. гр. 1ЕСМ-17м
Кравчук П. С.

Науковий керівник:
проф. Свиридов М.П.

Вінниця 2019р.

АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ. ТРАНСФОРМАТОРОМ НАЗИВАЄТЬСЯ СТАТИЧНИЙ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИЙ ПРИСТРІЙ, ЯКИЙ МАЄ ДВІ (АБО БІЛЬШЕ) ІНДУКТИВНО ЗВ'ЯЗАНИХ ОБМОТОК, І ЯКИЙ ПРИЗНАЧЕНИЙ ДЛЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ ЯВИЩА ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ІНДУКЦІЇ ОДНІЄЇ СИСТЕМИ ЗМІННОГО СТРУМУ В ДРУГУ СИСТЕМУ ЗМІННОГО СТРУМУ.

СИНХРОННІ МАШИНИ ВИКОРИСТОВУЮТЬ ГОЛОВНИМ ЧИНОМ ЯК ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЗМІННОГО СТРУМУ; ЇХ УСТАНОВЛЮЮТЬ НА ТЕПЛОВИХ, ГІДРАВЛІЧНИХ І АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯХ.

В МАГІСТЕРСЬКІЙ РОБОТІ РОЗГЛЯДАЮТЬСЯ МОЖЛИВІ РЕЖИМИ РОБОТИ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ ЗАГАЛЬНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ, ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВИКЛАДКИ, ЯКІ ОПИСУЮТЬ ЦІ РЕЖИМИ. ТАКОЖ В РОБОТІ РОЗГЛЯНУТІ ОСНОВНІ РЕЖИМИ СИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ З ЇХ ХАРАКТЕРНИМИ ОСОБЛИВОСТЯМИ І ПРИКЛАДАМИ.

ВРАХОВУЮЧИ ВАЖЛИВІСТЬ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ ТА СИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ В ЕНЕРГОСИСТЕМІ, ТО ЇХ РЕЖИМИ РОБОТИ Є АКТУАЛЬНИМИ ДЛЯ АНАЛІЗУ

МЕТОЮ РОБОТИ Є АНАЛІЗ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ ТА СИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ.

Для досягнення поставленої мети в роботі розв'язано такі основні задачі:

- 1) ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ ТА СИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ.
- 2) ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОНОМІЧНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ ТА ВПЛИВУ U_k ТРАНСФОРМАТОРА НА СТРУМИ КЗ В МЕРЕЖІ.
- 3) ПОРІВНЯННЯ КОЕФІЦІЄНТІВ ЗАПАСУ СТАТИЧНОЇ СТІЙКОСТІ ГГ З РІЗНИМИ СИСТЕМАМИ РЕГУЛЮВАННЯ ЗБУДЖЕННЯ.
- 4) РОЗРАХУНОК ДИНАМІЧНОЇ СТІЙКОСТІ, ПРИ ЗБУРЕННІ ЩО ВИКЛИКАНЕ ВІДКЛЮЧЕННЯМ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ
- 5) РОЗГЛЯД ПИТАННЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ ПЕРСОНАЛУ ПРИ МОНТАЖІ СИЛОВИХ

СИЛОВІ ТРАНСФОРМАТОРИ

СИЛОВИЙ ТРАНСФОРМАТОР – ТРАНСФОРМАТОР З ДВОМА АБО БІЛЬШЕ ОБМОТКАМИ, ЯКИЙ ЗА ДОПОМОГОЮ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ІНДУКЦІЇ ПЕРЕТВОРЮЄ СИСТЕМУ ЗМІННОЇ НАПРУГИ ТА СТРУМУ В ІНШУ СИСТЕМУ ЗМІННОЇ НАПРУГИ ТА СТРУМУ, ЯК ПРАВИЛО, РІЗНИХ ЗНАЧЕНЬ ЗА ТІЄЇ-Ж ЧАСТОТИ ЗАДАЧА ПРАВИЛАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ.



РЕЖИМИ РОБОТИ СИЛОВИХ ТРАНСФОРМАТОРІВ

РЕЖИМ ХОЛОСТОГО ХОДУ

- ВТОРИННА
ОБМОТКА
РОЗІМКНУТА

- ПРИ ЦЬОМУ РЕЖИМИ
РОБОТИ ВИЗНАЧАЮТЬ
К К Д
ТРАНСФОРМАТОРА,
К О Е Ф І Ц І Є Н Т
ТРАНСФОРМАЦІЇ ТА
ВТРАТИ В ОСЕРДІ

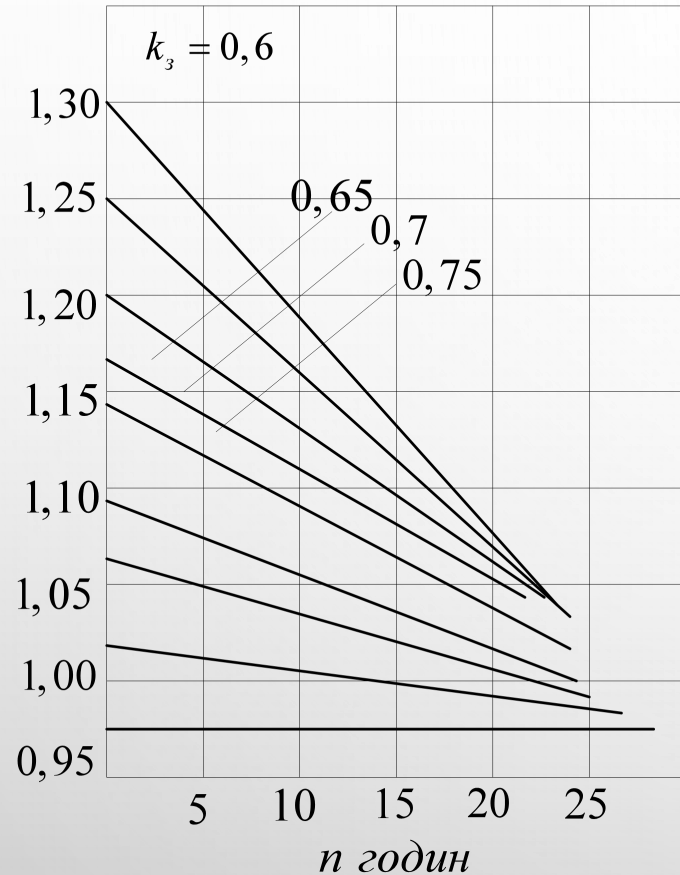
РЕЖИМ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

- ВТОРИННА
ОБМОТКА КОРОТКО
ЗАМКНУТА

- РЕЖИМ КЗ Є
АВАРІЙНИМ РЕЖИМОМ
І СТРУМ У ВТОРИННІЙ
ОБМОТЦІ МОЖЕ В 10-
20 РАЗІВ
ПЕРЕВИЩУВАТИ
НОМІНАЛЬНИЙ СТРУМ

НАВАНТАЖУВАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ ТРАНСФОРМАТОРА

$$k_H = \frac{I_{\text{макс}}}{I_{\text{ном}}}$$



Температура повітря °C	-1	-1	0	+1	+2	+3
	5	0		0	0	0
Допустима тривалість роботи, год.	60	40	16	10	6	4

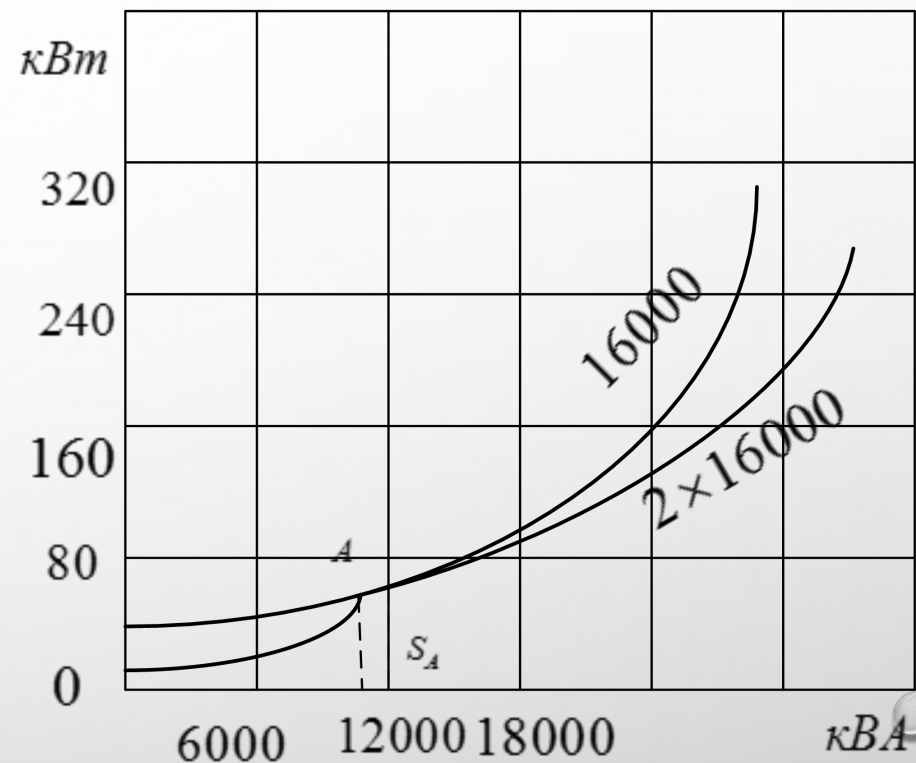
Залежність допустимої тривалості роботи трансформатора при відключенні системи охолодження від температури повітря.

Діаграма навантажувальної здатності трансформатора

ЕКОНОМІЧНИЙ РЕЖИМ РОБОТИ ТРАНСФОРМАТОРА

7

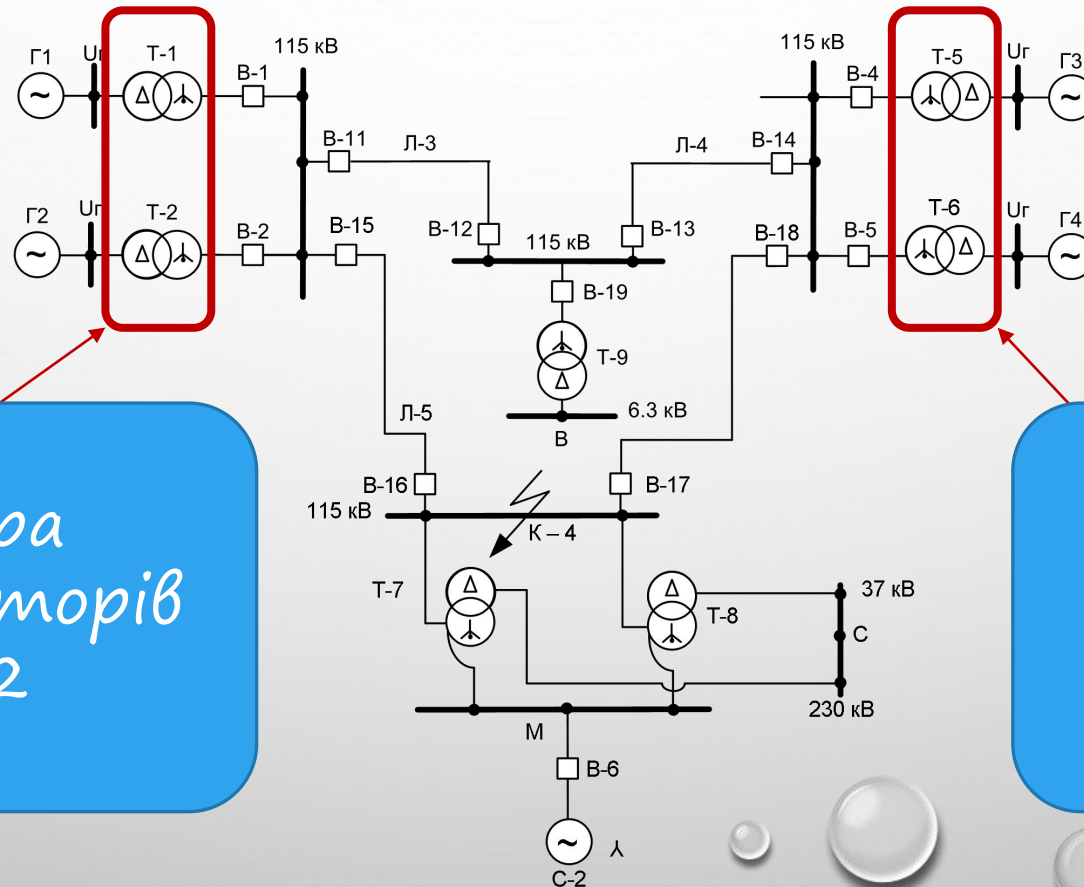
НАВАНТАЖЕННЯ ПІДСТАНЦІЙ
ЗМІНЮЄТЬСЯ ПРОТЯГОМ ДОБИ, А
ДОБОВІ ГРАФІКИ НАВАНТАЖЕНЬ У
СВОЮ ЧЕРГУ ЗМІНЮЮТЬСЯ
ПРОТЯГОМ РОКУ. ЗНАЧНІ ДОБОВІ
ЗНИЖЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ
ПІДСТАНЦІЙ ЗАЗВИЧАЙ
ДОВОДЯТЬСЯ НА ВЕСНЯНО-ЛІТНІЙ
ПЕРІОД. У ТАКІ ПЕРІОДИ
ЗНИЖЕННЯ НАВАНТАЖЕНЬ
ТРАНСФОРМАТОРИ ПІДСТАНЦІЇ
ВИЯВЛЯЮТЬСЯ ТРИВАЛИЙ ЧАС
НЕДОВАНТАЖЕНИМИ, ЩО, ЯК
ВІДОМО, ВИКЛИКАЄ В НИХ



Криві приведені втрат двох трансформаторів: 1 – в одному трансформаторі; 2 – в двох трансформаторах

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ U_k СИЛОВОГО ТРАНСФОРМАТОРА НА СТРУМИ КЗ В МЕРЕЖІ

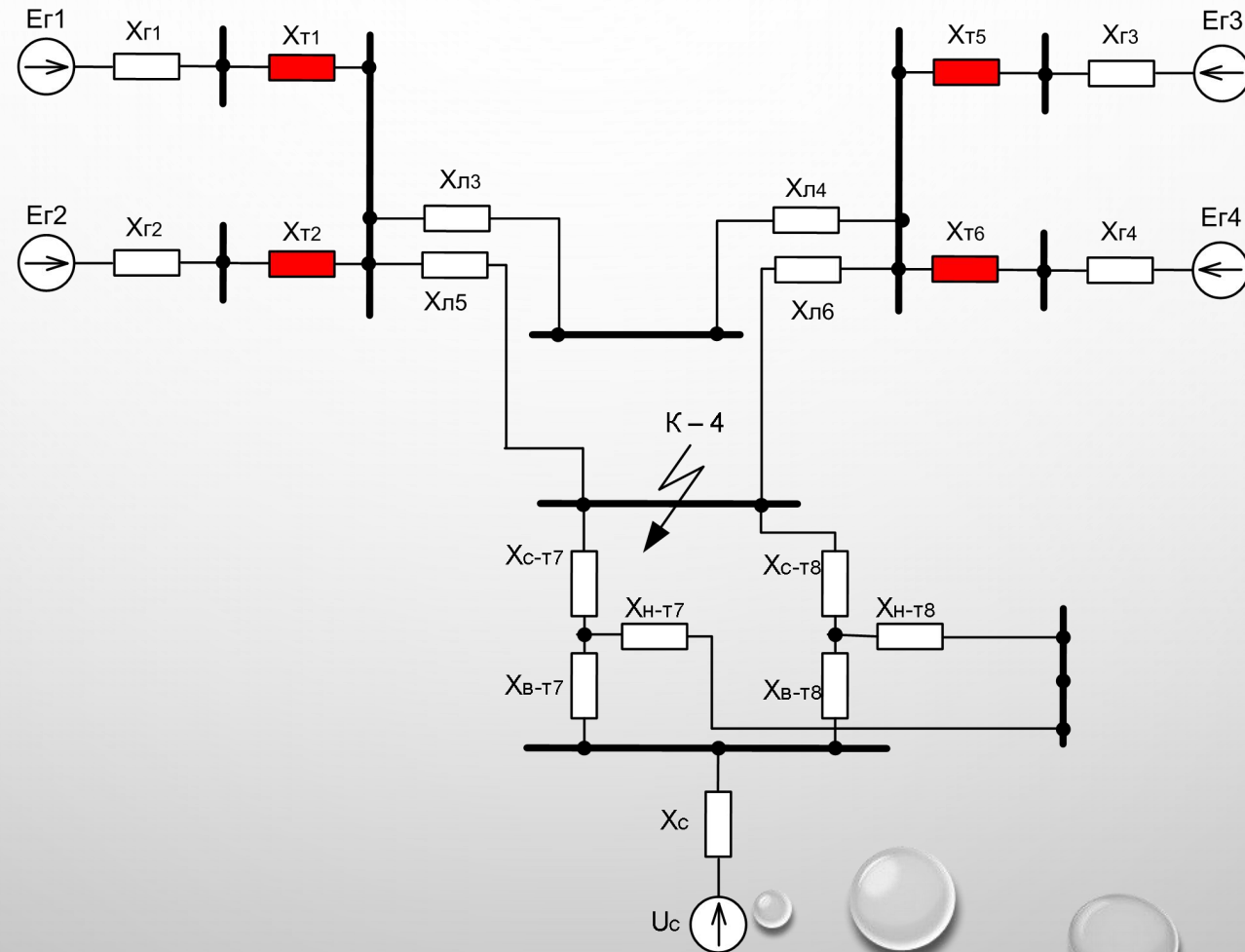
ЗАДАНА МЕРЕЖА



Перша пара трансформаторів $T-1$ і $T-2$

Друга пара трансформаторів $T-5$ і $T-6$

СХЕМА ЗАМІЩЕННЯ МЕРЕЖІ



РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ $U_{к\%}$

Номінальні
значення U_k на
обох парах
трансформато
рів

Сумарне діюче
значення ударного
струму:

7,766 кА

Діюче значення повного
струму КЗ

Турбоенератори 2,29 кА

Гідроенератори 2,521 кА

Значення U_k на
Т-1 і Т-2
збільшено на 3%

Сумарне діюче
значення ударного
струму:

7,685 кА (↓1.04%)

Діюче значення повного
струму КЗ

Турбоенератори 2,213 кА
(↓3.36%)

Гідроенератори 2,521 кА

Значення U_k на
Т-5 і Т-6
збільшено на 3%

Сумарне діюче
значення ударного
струму:

7,556 кА (↓2.7%)

Діюче значення повного струму
КЗ

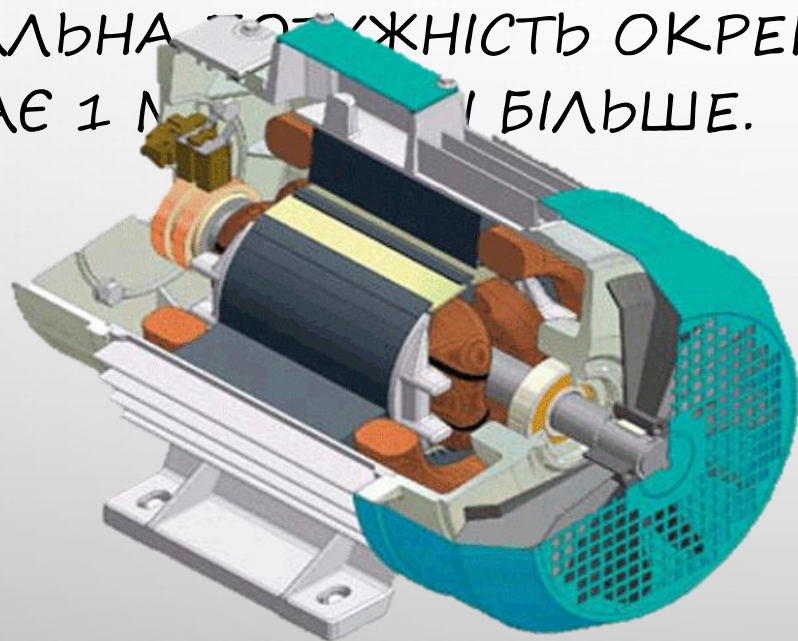
Турбоенератори 2,29 кА

Гідроенератори 2,298 кА
(↓8.84%)

СИНХРОННІ ГЕНЕРАТОРИ

СИНХРОННІ ГЕНЕРАТОРИ ВИКОРИСТОВУЮТЬ ГОЛОВНИМ ЧИНОМ ЯК ДЖЕРЕЛА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ ЗМІННОГО СТРУМУ; ЇХ ВСТАНОВЛЮЮТЬ НА ПОТУЖНИХ ТЕПЛОВИХ, ГІДРО І АТОМНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯХ, А ТАКОЖ НА ПЕРЕСУВНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯХ І ТРАНСПОРТНИХ УСТАНОВКАХ (ТЕПЛОВОЗАХ, АВТОМОБІЛЯХ, ЛІТАКАХ).

НОМІНАЛЬНА ПОТУЖНІСТЬ ОКРЕМИХ СИНХРОННИХ МАШИН ДОСЯГАЄ 1 М Вт І БІЛЬШЕ.



РЕЖИМИ РОБОТИ СИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ

НОРМАЛЬНИЙ РЕЖИМ РОБОТИ

- НОМІНАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ ГЕНЕРАТОРА
- ДО НОРМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ВІДНОСЯТЬСЯ ТАКОЖ РЕЖИМИ З НЕПОВНИМ (ЧАСТКОВИМ) НАВАНТАЖЕННЯМ І ЗМІННИМ НАВАНТАЖЕННЯМ
- НОРМАЛЬНИЙ РЕЖИМ РОБОТИ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА Є ОСНОВНИМ РЕЖИМОМ, ЯКИЙ ТРИВАЄ НАЙБІЛЬШУ

РЕЖИМ РОБОТИ З НЕСИМЕТРИЧНИМ НАВАНТАЖЕННЯМ

- ЗСУВ МІЖ ФАЗАМИ СТРУМІВ ГЕНЕРАТОРА ВІДМІННИЙ ВІД 120°
- ПОЛЕ СТРУМІВ ЗВОРотної ПОСЛІДОВНОСТІ СТВОРЮЄ ДОДАТКОВИЙ ГАЛЬМІВНИЙ МОМЕНТ ЩО ЗНИЖУЄ ККД МАШИНИ
- ПРИ ЗНАЧНІЙ НЕСИМЕТРІЇ ПІД ДІЄЮ СТРУМІВ ЗВОРотної ПОСЛІДОВНОСТІ МОЖЕ ВИНИКНУТИ НЕДОМУСТИМИЙ НАГРІВ ДЕМПФЕРНОЇ ОБМОТКИ І МАСИВНИХ ЧАСТИН РОТОРА

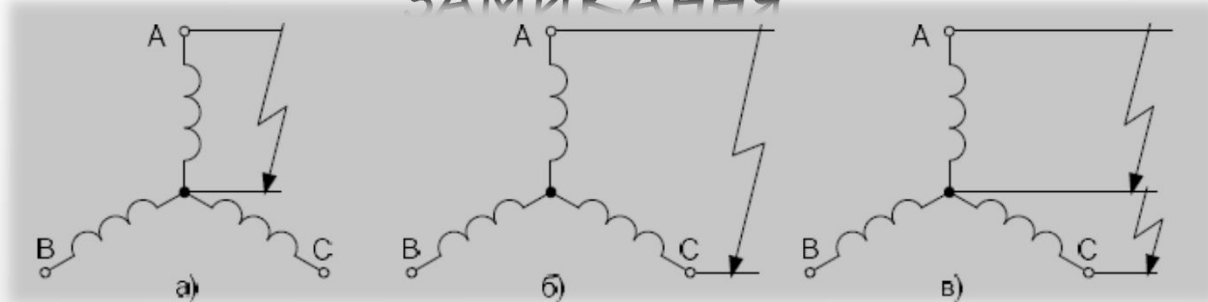
АСИНХРОННИЙ РЕЖИМ

- КОРОТКА ТА ТИМЧАСОВА РОБОТА СИСТЕМИ ПРИ НЕСИНХРОННОМУ ОБЕРТАННІ ОДНОГО АБО ДЕКІЛЬКОХ ГЕНЕРАТОРІВ, ЯКА МОЖЕ БУТИ ВИКЛИКАНА АБО ПОРУШЕННЯМ ЇХ СТІЙКОСТІ, АБО ВТРАТОЮ ЗБУДЖЕННЯ.
- ПРИ ВТРАТІ ЗБУДЖЕННЯ ЗНИКАЄ СИНХРОННИЙ МОМЕНТ НОРМАЛЬНОГО РЕЖИМУ З ПОСТІЙНОЮ ЧАСУ ОБМОТКИ ЗБУДЖЕННЯ ТА І ТУРБОГЕНЕРАТОРСКИ ДАЄ АКТИВНЕ

РЕЖИМИ РОБОТИ СИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ

13

РЕЖИМ НЕСИМЕТРИЧНОГО КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ

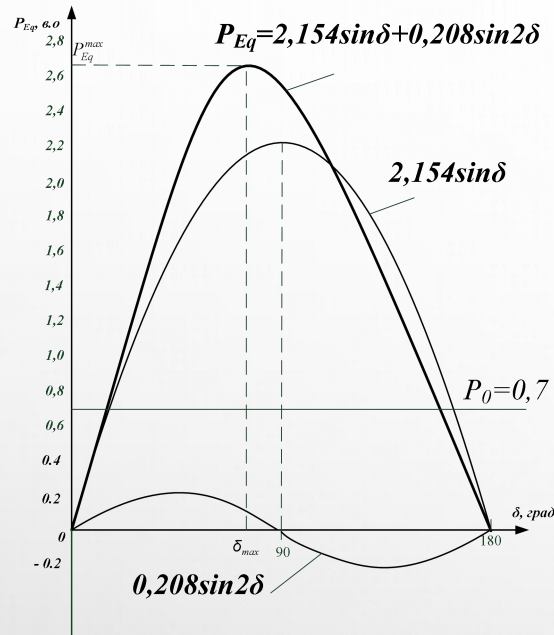


Схеми несиметричних коротких замикань:

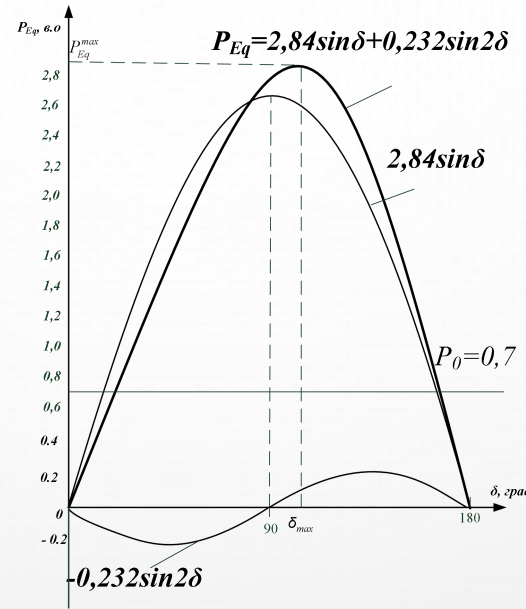
а) однофазне, б) двофазне, в) подвійне однофазне

НАЙБІЛЬШ НЕБЕЗПЕЧНИМИ ДЛЯ МАШИНИ Є
ВНУТРІШНІ НЕСИМЕТРИЧНІ К.З., КОЛИ
ЧАСТИНА ВИТКІВ ОБМОТКИ ЗАМИКАЮТЬСЯ НА
КОРПУС АБО ВИНИКАЄ ЗАМИКАННЯ ЧАСТИНИ
ВИТКІВ ДВОХ ФАЗ. ВНУТРІШНІ НЕСИМЕТРИЧНІ
К.З. ПРИВОДЯТЬ ДО ПОЖЕЖІ В МІДІ ТА В СТАЛІ
І ВАЖКОЇ АВАРІЇ СИНХРОННОЇ МАШИНИ.

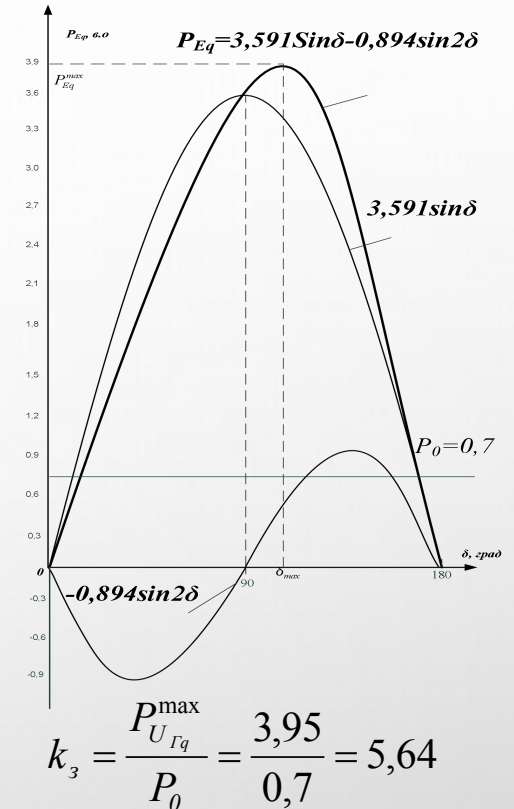
РОЗРАХУНКИ КОЕФІЦІЄНТІВ ЗАПАСУ СТАТИЧНОЇ СТІЙКОСТІ ГГ БЕЗ АРЗ



$$k_3 = \frac{P_{Eq}^{\max}}{P_0} = \frac{2,681}{0,7} = 3,83.$$



$$k_3 = \frac{P_{Eq}^{\max}}{P_0} = \frac{2,876}{0,7} = 4,1.$$



$$k_3 = \frac{P_{U_{Гq}}^{\max}}{P_0} = \frac{3,95}{0,7} = 5,64$$

Аналізуючи характеристики потужності гідрогенератора без АРЗ, з АРЗ ПД та АРЗ СД крім основної синусоїдальної складової є також друга складова, яка змінюється з подвійною частотою і не залежить від ЕРС генераторів. Наявність цієї складової призводить до деякого зростання характеристики потужності і зміщення критичного кута від значення 90 °

ВИСНОВОК

1. Проаналізовано режими роботи силових трансформаторів та розглянуто їх особливості.

2. Розраховано економічно доцільний режим роботи для підстанції з двома та трьома трансформаторами, та визначено що на підстанції з двома трансформаторами ТДН-31 500/110 економічно доцільно переходити на паралельну роботу при потужності навантаження $S \geq 23200$ кВА; на підстанції з трьома трансформаторами ТМ-6300/110 доцільно вмикати в роботу третій трансформатор при потужності навантаження $S \geq 10100$ кВА.

3. Досліджено вплив U_k трансформатора на струми КЗ в електричній мережі та визначено що зміна U_k трансформатора на 3% призводить до збільшення його опору, та до зменшення періодичної та аперіодичної складових струму КЗ і ударного струму. Більший ефект досягається при збільшенні U_k на Т-5 та Т-6. Сумарне діюче значення ударного струму при збільшенні U_k на Т-5 і Т-6 зменшується на 0,21 кА, що в 2,6 разів ефективніше ніж при збільшенні U_k

4. Проаналізовано особливості та режими роботи синхронних генераторів.

5. Розраховано коефіцієнти запасу статичної стійкості гідрогенератора з різними системами регулювання збудження, та визначено що гідрогенератор без АРЗ має $k_z = 3,83$; з АРЗ пропорційної дії $k_z = 4,1$; з АРЗ сильно дії $k_z = 5,64$;

6. Виконано розрахунок динамічної стійкості, при збуренні що викликане відключенням лінії електропередачі.

7. Розглянуто аналіз умов праці при виконанні монтажу силових трансформаторів; розробити організаційно-технічні рішення з охорони праці під час проведення робіт на силових трансформаторах. Розраховано захисне заземлення сидового трансформатора ТМ-630/10 та отримано розрахунковий опір заземлення $R_{\text{розд.}} = 2,36$ (Ом), що відповідає вимогам ІУЛ, ІІІЛ та ІІІЬ. Також вибрано матеріали для конструктивного виконання заземлення.

8. Визначено вплив іонізуючого випромінювання на електричну мережу і визначено, що робота ЕМ стійка при заданому рівні радіації 4,82 Р/год. До дії ЕМІ система керування виявилась нестійкою. В результаті застосування екранів мережа буде працювати стійко до значення напруженості вертикальної складової 10,6 кВ/м.

The background features a light gray gradient with several realistic water droplets of various sizes scattered in the corners. The droplets have highlights and shadows, giving them a three-dimensional appearance.

**ДЯКУЮ ЗА
УВАГУ!**