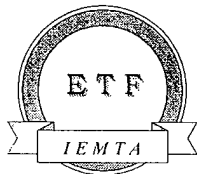


Универзитет Св. Кирил и Методиј - Скопје
ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ

Институт за Електрични машини, Трансформатори и Апарати



**АНАЛИЗА НА НЕСТАЦИОНАРНИТЕ И НЕСИМЕТРИЧНИ
РЕЖИМИ НА ЕЛЕКТРИЧНИТЕ МАШИНИ
ОД АСПЕКТ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИОТ СИСТЕМ**

научноистражувачки проект

Истражувачи:

Проф. д-р Милан Чундев
Асист. м-р Влатко Стоилков
Асист. м-р Гога Цветковски
Асист. м-р Снежана Чундева

Млади истражувачи:

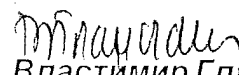
М-р Василија Шарац
Дипл.инж. Расим Салкоски
Дипл.инж. Горан Чогелџа
М-р Горан Андреевски

Главен истражувач


Проф. д-р Лидија Петковска

Декан




Проф. д-р Властимир Гламочанин

Септември, 1999
Скопје



Научноистражувачкиот проект "Анализа на нестационарните и несиметрични режими на електричните машини од аспект на електроенергетските системи" го посветуваме на двороти јубилеј, 50 години на Универзитетот Св. Кирил и Методиј и 40 години на Електроенергетичкиот факултет во Скопје

Авторите

СОДРЖИНА

1. ПРЕДГОВОР	1
2. ЕНЕРГЕТСКИ ТРАНСФОРМАТОРИ	4
2.1. НЕСИМЕТРИЧНИ РЕЖИМИ НА РАБОТА НА ТРИФАЗНИ ТРАНСФОРМАТОРИ	4
2.1.1. Вовед	4
2.1.2. Метода на симетрични компоненти	4
2.1.3. Еквивалентни шеми на директен, инверзен и нулти систем	6
2.1.4. Претпоставки при анализа на несиметричните режими	8
2.1.4.1. <i>Занемарување на активниите ојџори</i>	8
2.1.5. Несиметрично трифазно оптоварување на трансформатор врзан во D_{n5}	9
2.1.6. Несиметричен режим на работа при една исклучена фаза	12
2.1.7. Несиметричен режим на работа при две исклучени фази	15
2.1.8. Двофазна куса врска на енергетски трансформатор	17
2.1.9. Двофазна куса врска со неутрална точка на трансформатор	20
2.1.10. Еднофазна куса врска на енергетски трансформатор	22
2.1.11. Практични пресметки за дистрибутивен трансформатор од производната програма на "ЕМО"	25
2.2. ПРЕОДНИ ПРОЦЕСИ ВО ЕНЕРГЕТСКИ ТРАНСФОРМАТОРИ	26
2.2.1. Вклучување на енергетски трансформатори на мрежа	26
2.2.1.1. <i>Вовед</i>	26
2.2.1.2. <i>Вклучување на еднофазен трансформатор на мрежа во најнеповолен момент на време</i>	26
2.2.1.3. <i>Крива на магнетизирање на трансформаторот</i>	30
2.2.1.4. <i>Вклучување на трифазен енергетски трансформатор</i>	31
2.2.1.5. <i>Вклучување на трифазен трансформатор при напон нула и без заосианат магнетизам</i>	32
2.2.1.6. <i>Вклучување на трифазен трансформатор при напон нула и со заосианат магнетизам со сировивен поларизациски</i>	36
2.2.1.7. <i>Вклучување на трифазен трансформатор при напон нула и со заосианат магнетизам со ист поларизациски</i>	38
2.2.1.8. <i>Мерки за намалување на ударната струја при вклучување на енергетски трансформатори во празен од</i>	55
2.2.2. Работа на трансформатор за електроотпорно заварување на мрежа	56
2.2.2.1. <i>Вовед</i>	56
2.2.2.2. <i>Вклучување на засиено магнетно коло на напон</i> • <i>Влијание на зголеменото флукс врз струјата на вклучување на трансформаторот</i>	57
2.2.2.3. <i>Пресметка на врвната вредност на ударната струја на вклучување</i>	64

• Основни карактеристики на трансформаторот	64
• Мерење на ударната струја на вклучување	65
• Определување на ударната струја со симулациски методи	65
• Определување на ударната струја со нумеричка метода	67
2.2.2.4. Анализа на влијанието на ударната струја на вклучување врз ЕЕС	70
• Ударна струја на вклучување на трансформатор	70
• Симбиотичка интеракција помеѓу трансформаторите	71
• Можности за намалување на ударната струја	74
2.2.2.5. Заклучоци	76
3. СИНХРОНИ МАШИНИ	77
3.1. ПРЕОДНИ ПРОЦЕСИ ВО СИНХРОНИТЕ ГЕНЕРАТОРИ	77
3.1.1. Физички појави при ненадејна куса врска	77
3.1.2. Физичка слика на ненадејната куса врска при $\Psi_{a0}=0$	78
3.1.3. Физичка слика на ненадејната куса врска при $\Psi_{a0}=\Psi_{\max}$	81
3.1.4. Математички модел на појавите	84
3.1.4.1. Основни претпоставки	84
3.1.4.2. Системи на координатни оски	86
3.1.4.3. Вртливи вектори	87
3.1.4.3. Системи на релативни единици	89
3.1.5. Вкупни флуксеве и индуктивности на намотките на синхрона машина	90
3.1.5.1. Индуктивности на фазните намотки на синхронот	91
3.1.5.2. Взаемни индуктивности на намотките на синхронот	93
3.1.5.3. Взаемни индуктивности помеѓу фазните намотки на синхронот и намотките на роторот	94
3.1.6. Равенки на Парк-Горев и трансформации $d, q, 0$	96
3.1.7. Синхрони индуктивности	101
3.1.7.1. Синхрона индуктивност по должната оска L_d	101
3.1.7.2. Синхрона индуктивност по попречната оска L_q	102
3.1.7.3. Синхрона индуктивност од нулти редослед L_0	102
3.1.8. Равенки за рамнотежа на напоните во синхрона машина со параметри во релативни единици	102
3.1.9. Методи за анализа на преодните процеси	104
3.1.9.1. Нумерички методи за пресметка на струите на куса врска	105
• Ојлеров метод	105
• Метод на Рунџе-Кутса	107
3.1.9.2. Аналитички метод за пресметка на струите на куса врска	107
• Реактјанси на синхроната машина	107
• Временски константи на синхроната машина	110
• Изрази за струите низ намотките на синхроната машина	111
3.1.10. Практичен пример	113
3.2. СТАБИЛНОСТ НА СИНХРОНИТЕ ГЕНЕРАТОРИ ОД АСПЕКТ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИОТ СИСТЕМ	118
3.2.1. Вовед	118
3.2.2. Електромеханички преоден процес на синхрон агрегат	119
3.2.3. Динамичка стабилност	123

3.2.3.1. Динамичка стабилност при промена на конфигурација на мрежата	124
3.2.3.2. Правило на еднакви површини	126
3.2.3.3. Динамичка стабилност при куси врски	127
3.2.4. Практичен пример	128
3.2.4.1. Овешти податоци	128
3.2.4.2. Основни технички податоци	129
3.2.4.3. Поврзување на ХЕЦ Козјак во ЕЕС на Р. Македонија	130
3.2.5. Динамичката стабилност од аспект на ЕЕС	132
3.2.5.1. Основни податоци потребни за анализата	132
3.2.5.2. Пресметка на динамичка стабилност при еден вод	132
• Еквивалентна шема	132
• Пресметка на напоните и тековите на моќностите при номинален режим	133
3.2.5.3. Пресметка на динамичка стабилност при куса врска на водот	134
3.2.5.4. Пресметка на динамичка стабилност при два вода	136
• Еквивалентна шема	136
3.2.5.5. Пресметка на динамичка стабилност при куса врска на еден од водовите	136
3.3. ВКЛУЧУВАЊЕ НА ГОЛЕМИ СИНХРОНИ МОТОРИ НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТСКИ СИСТЕМ	139
3.3.1. Вовед	139
3.3.2. Математички модел за симулација на синхрон мотор	139
3.3.3. Компјутерска симулација на големи синхрони мотори	140
3.3.4. Резултати од симулацијата на синхронот мотор	143
4. ДИНАМИКА НА ТРИФАЗЕН АСИНХРОН МОТОР	146
4.1. РЕЖИМИ НА РАБОТА НА АСИНХРОН МОТОР	146
4.2. МЕТОДОЛОГИЈА ЗА ПРЕСМЕТКА НА КАРАКТЕРИСТИКИТЕ НА АСИНХРОН МОТОР	148
4.2.1. Објект на истражување	148
4.2.2. Определување на параметрите на моторот	149
4.3. АНАЛИТИЧКИ МЕТОД	149
4.3.1. Работни карактеристики	150
4.3.2. Карактеристики на празен од	151
4.3.3. Механичка карактеристика	152
4.4. НУМЕРИЧКИ МЕТОД	153
4.4.1. Развој на компјутерски програм	154
4.4.2. Резултати и карактеристики	155
4.4.2.1. Режим на празен од	156
4.4.2.2. Режим на залежување при константно овештварување	157
4.5. СИМУЛАЦИОНЕН МЕТОД	161
4.5.1. Напојување со синусни напонски бранови	161
4.5.1.1. Комплексна SIMULINK шема на асинхронот мотор	161
4.5.1.2. Резултатите и карактеристиките	162

• Режим на празен од	162
• Режим при константно ојјоварување	165
4.5.2. Напојување со синусни струјни бранови	167
4.5.2.1. Комплексна SIMULINK шема на асинхрониот моќор	167
4.5.2.2. Резултати и карактеристики	169
4.6. КОМПАРАТИВНА АНАЛИЗА НА АСИНХРОНИОТ МОТОР ПРИ РАЗЛИЧНИ РЕЖИМИ НА РАБОТА	172
4.6.1. Споредба на аналитички пресметаните и мерените големини со познатите од производителот, во стационарен режим на работа	172
4.6.1.1. Номинален режим на работа	172
4.6.1.2. Режим на празен од и куса врска	172
4.6.2. Споредба на нумерички пресметаните и симулираните големини во динамички режим на работа	174
4.6.2.1. Режим на празен од	174
4.6.3. Компаративна анализа на механичката карактеристика добиена со различни методи	175
5. ЕЛЕКТРОМЕХАНИЧКИ ПРЕОДНИ ПРОЦЕСИ ВО ЕДНОНАСОЧНИ МАШИНИ	178
5.1. ВОВЕД	178
5.2. ОБЈЕКТ НА АНАЛИЗА	178
5.3. ДИРЕКТНО ПУШТАЊЕ НА ЕДНОНАСОЧЕН МОТОР	181
5.4. ДИРЕКТНО ПУШТАЊЕ НА ЕДНОНАСОЧЕН МОТОР НАПОЈУВАН СО ТРИФАЗЕН МОСТЕН ИСПРАВУВАЧ	185
5.5. СИМУЛАЦИЈА НА РЕЖИМИ НА РАБОТА НА ЕДНОНАСОЧНИ МОТОРИ СО ПОМОШ НА ПРОГРАМСКИОТ ПАКЕТ PSPICE	189
5.5.1. Директно пуштање на еднонасочен мотор напојуван од мрежа	191
5.6. ДИНАМИКА НА ЕДНОНАСОЧЕН МОТОР СО НЕЗАВИСНА ВОЗБУДА	196
5.6.1. Динамичко пуштање на еднонасочен мотор со независна возбуда при напојување со тиристорски регулатор	199
5.7. ЗАКЛУЧОК	205
6. ПОГОВОР	206
ЛИТЕРАТУРА	208
REFERENCES	209