

## КОМИСИЈИ ЗА СТУДИЈЕ ДРУГОГ СТЕПЕНА ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКОГ ФАКУЛТЕТА УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ

На својој седници од 02. јула 2013. Комисија за студије другог степена нас је одредила за чланове Комисије за преглед и оцену мастер рада кандидата **Богдана Брковића**, дипл. инж. електротехнике, под насловом „**Неуравнотежено напајање трофазних асинхроних мотора и једнофазни асинхрони мотори**“. После прегледа достављеног материјала, подносимо следећи

### ИЗВЕШТАЈ

#### 1. Биографски подаци

Богдан М. Брковић рођен је 09.02.1990. године у Чачку. Чачанску гимназију, природно-математички смер, завршио је 2008. године, са одличним успехом, као носилац дипломе Вук Караџић и ученик генерације. Исте године уписује основне студије на Електротехничком факултету у Београду. Дипломирао је 2012. године на Одсеку за енергетику, смер Електроенергетски системи, са просечном оценом 9,86 (оцена на дипломском 10). По завршетку основних студија добио је признање као најбољи студент у генерацији на Одсеку за енергетику. Дипломске академске - мастер студије на Електротехничком факултету у Београду, смер Енергетски претварачи и погони, уписао је 2012. године. Положио је све испите са просечном оценом 10,00.

Од децембра 2012. године запослен је у на Електротехничком факултету Универзитета у Београду, као сарадник у настави за ужу научну област Енергетски претварачи и погони. Течно говори енглески језик, а служи се и немачким и француским језиком.

#### 2. Предмет и циљ истраживања

Асинхрони мотори су свакако најзаступљеније електричне машине у нерегулисаним електричним погонима, а у новије време, са развојем енергетске електронике, налазе све већу примену и у регулисаним погонима. Основне предности асинхроних мотора у односу на друге врсте обртних машина су робусност, ниска цена, мањи габарит, одсуство потребе за одржавањем итд. Асинхрони мотори за веће снаге изводе се готово искључиво као вишефазни, док за мање снаге могу бити и једнофазни. У пракси се често јављају ситуације у којима је доступан само једнофазни извор напајања (код преносивих погона, у слабије развијеним планинским и сеоским пределима). У таквим случајевима неопходно је применити једнофазни асинхрони мотор са помоћном фазом, или омогућити рад вишефазног мотора на једнофазној

мрежи. Ово се постиже додавањем екстерне адмитансе, како би се генерисало обртно поље, а самим тим и одговарајући електромагнетски момент.

Предмет мастер рада дипл. инж. Богдана Брковића је математичко моделовање прелазних појава и устаљених стања код једнофазних асинхроних мотора и неуравнотежено напајаних трофазних асинхроних мотора, као и симулација прелазних појава у одговарајућем рачунарском програму. Циљ рада је да се, уз коришћење литературе, формирају математички модели за анализу устаљених стања и прелазних појава и да се применом рачунарске симулације проучи ефекат промене вредности параметара и радних услова на перформансе мотора. Параметри који се варирају су: вредност и карактер екстерне импедансе, отпорност и индуктивност намотаја итд. Поред тога, анализира се и утицај промене механичког оптерећења на квалитет радних карактеристика мотора.

### 3. Садржај и организација рада

Мастер рад, под насловом „Неуравнотежено напајање трофазних асинхроних мотора и једнофазни асинхрони мотори“, је изложен у осам поглавља, са Уводом и Закључком. Рад је представљен на 110 страна текста, међу којима се налази 50 слика и 3 табеле. Рад се позива на 6 референци.

*У првом, уводном поглављу,* дате су основне информације о предностима асинхроних мотора у односу на друге врсте обртних машина и њиховом месту у савременим индустријским и комерцијалним апликацијама. Указује се на потребу за обезбеђивањем рада мотора при напајању из једнофазног напонског извора, као и методе којима је такав радни режим могуће остварити. Описује се тема и садржај мастер рада.

*Друго поглавље* пружа основне информације о трофазном асинхронном мотору. Дат је кратак осврт на откриће, принцип рада и конструкционе карактеристике трофазног асинхроног мотора. Дефинисани су појмови синхроне брзине и клизања, и наведени су радни режими у којима мотор може радити. У другом делу поглавља изложен је (без извођења) и комплетан математички модел симетрично напајаног трофазног асинхроног мотора.

*Треће поглавље* је посвећено формирању математичког модела једнофазно напајаног трофазног асинхроног мотора са екстерним кондензатором. Описана је трансформација тренутних симетричних компоненти, која је неопходна за анализу рада једнофазно напајаног мотора. Детаљно је приказан поступак извођења математичких модела за анализу прелазних појава код једнофазно напајаног трофазног асинхроног мотора, и то за спрегу намотаја у звезду и у троугао. Приказан је и модел за анализу устаљеног радног стања, и на бази тог модела изведене су критеријумске једначине за прорачун оптималних вредности капацитивности кондензатора при различитим брзинама обртања мотора.

*Четврто поглавље* описује детаље формирања модела машине за симулацију прелазних појава у програмском пакету MATLAB. Једначине мотора су на овом месту поново приказане, у форми која је погодна за симулацију. Сами програмски кодови због обимности нису изложени у раду. Анализиран је утицај промене параметара екстерне импедансе и механичког оптерећења на перформансе мотора. Резултати добијени симулацијом приказани су графички и спроведена је одговарајућа дискусија.

Графици приказују таласне облике струје мотора, електромагнетског момента, брзине обртања, момента оптерећења и напона на кондензатору. Показује се да је применом два кондензатора у паралелној вези могуће остварити задовољавајуће радне услове, како у току залетања мотора, тако и у трајном раду. Као мера квалитета радних карактеристика једнофазно напајаног мотора коришћене су одговарајуће величине добијене симулацијом за случај симетрично напајаног трофазног мотора.

*Пето поглавље* даје математички модел (без извођења) и резултате симулације залетања симетрично напајаног симетричног двофазног асинхроног мотора. Приказани су временски дијаграми главних величина мотора – струје, електромагнетског момента, момента оптерећења и брзине. Добијени резултати су значајни јер ће касније послужити као критеријум за процену квалитета радних карактеристика једнофазног мотора.

*Шесто поглавље* посвећено је формирању математичких модела за анализу устаљених стања и прелазних појава код једнофазног асинхроног мотора са (у општем случају) несиметричним статорским намотајима (главним и помоћним) у квадратури и са екстерном импедансом. У првом делу овог поглавља изведене су једначине једнофазног мотора за устаљено радно стање, и представљени различити приступи у оптимизацији параметара намотаја и екстерне импедансе. Обједињавањем различитих приступа, дошло се до три критеријумске функције, чијом се минимизацијом долази до вредности параметара које, зависно од конкретног случаја и конкретних потреба, обезбеђују оптималне перформансе мотора. У другом делу поглавља приказано је детаљно извођење математичког модела за анализу прелазних појава у једнофазном асинхроном мотору са помоћном фазом и екстерним кондензатором. Једначине модела су изведене за општи случај мотора са несиметричним статорским намотајима. Модел је дат у домену тренутних симетричних компоненти. Како би се применила метода тренутних симетричних компоненти, посматрани случај сведен је на случај несиметрично напајаног симетричног двофазног мотора. Геометријска несиметрија је уважена додавањем одговарајуће еквивалентне импедансе на ред са екстерном импедансом.

*Седмо поглавље* описује поступак формирања модела за симулацију прелазних појава у програмском пакету MATLAB. Дати су параметри главног и помоћног намотаја, на основу којих се, помоћу раније изведених критеријумских једначина, одређује оптимална вредност екстерне импедансе. Усвојено је да је екстерна импеданса чисто капацитивног карактера. Резултати добијени симулацијом приказани су графички. Графици приказују следеће релевантне величине: струје главног и помоћног намотаја, електромагнетски момент, момент оптерећења и брзину обртања мотора, напон на кондензатору и укупну струју напајања мотора. Анализирано је неколико случајева односно опција: случај када капацитивност кондензатора узима две вредности (залетну и погонску), случај када се помоћна фаза потпуно искључује у устаљеном стању, као и случај када се не користи еквивалентна екстерна адмитанса. Поново се показује да се најбољи резултати постижу када се користи кондензатор променљиве капацитивности. Трећа варијанта је остварива једино код мотора код кога се импедансе главног и помоћног намотаја значајно разликују, па се и при јединичној вредности клизања генерише обртно поље и одговарајући електромагнетски момент.

*Осмо поглавље* је посвећено закључку, у ком је дат преглед примењених метода и резултата добијених у раду. Поново су укратко наведени различити приступи, и изнете

њихове предности и мане, као и потенцијална подручја примене у пракси. На крају су предложени могући правци даљег истраживања.

*Девето поглавље* даје преглед референтне литературе.

На основу прегледа рада доносимо следећи

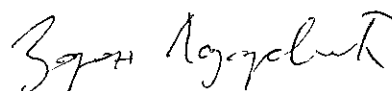
### ЗАКЉУЧАК

Имајући у виду садржај и квалитет рада, актуелност и сложеност изабране теме, резултате и закључке до којих је кандидат Богдан Брковић, дипл. инж. електротехнике у свом самосталном раду дошао, чланови Комисије за преглед и оцену мастер рада сматрају да рад кандидата испуњава све услове да буде прихваћен као мастер рад и са задовољством предлажу Комисији за други степен студија Електротехничког факултета Универзитета у Београду, да мастер рад Богдана Брковића, дипл. инж. електротехнике, под насловом „**Неуравнотежено напајање трофазних асинхроних мотора и једнофазни асинхрони мотори**“, прихвати као мастер рад и кандидату омогући усмену одбрану.

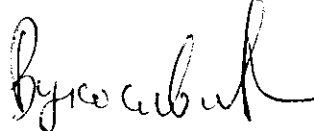
У Београду,

21. августа 2013. године

Чланови Комисије:



Др Зоран Лазаревић, редовни професор



Др Слободан Вукосавић, редовни професор