|  |  |
| --- | --- |
| proba | ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ **УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ** Катедра за енергетске претвараче и погоне  Мастер акадамске студије - Модул Енергетска ефикасност |

**Испит из предмета Пројектовање фотонапонских система**

*Испит траје максимално 150 минута* 22.06.2015.

*Број поена за свако од питања је написан у загради после питања.*

*Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић*

1. Навести три географске величине које описују место на коме се поставља ФН модул, а које утичу на вредност ирадијансе на површи панела. (0.6)

2. Навести две величине које описују оријентацију ФН модула, а које утичу на вредност ирадијансе на површи панела. (0.4)

3. Нацртати слику која приказује компоненте сунчевог зрачења које долазе на површ земље. (0.5)

4. За критеријуме: а) цене, б) погоршања карактеристика са порастом температуре и в) ефикасности, навести да ли боља својства имају монокристални или поликристални ПВ модули. (0.5)

5. Нацртати еквивалентно коло ФН ћелије и означити њене елементе. (0.5)

6. Која од струја зависи експлицитно, а која имплицитно (и преко чега) од ирадијансе на површи панела? (0.5)

7. Скицирати у U - I координатном систему карактеристика ФН модула и отпорног оптерећења прикљученог директно на крајеве ФН модула, и означити радне тачке које се успостављају при три различита отпорна оптерећења и две различите ирадијансе. (0.5)

8. Који је крајњи ефекат дејства обилазних (bypass) диода? (0.5)

9. На нивоу блок-дијаграма нацртати топологију једног претварача са високофреквентним трансформатором који се у пракси примењује за прикључење ФН модула на мрежу. (0.5)

10. Која су два основна принципа на основу којих се постављају горња и доња гранична вредност струје у алгоритмима хистерезисне струјне контроле? (0.5)

11. Објаснити активну методу за детекцију испада мреже која је заснована на варијацији активне снаге коју генерише ФН систем. (0.5)

12. Објаснити методу инкременталне кондуктансе за остваривање тачке максималне снаге. (1)

13. Нацртати блок шему регулације напона у једносмерном међуколу претварача преко кога се стрингови панела прикључују на мрежу. Систем се састоји од DC/DC претварача, спрежног кондензатора и DC/AC претварача, а регулатор је имплементиран као дигитални ПИ регулатор. (0.5)

14. Нацртати тест постројење за испитивање функције LVRT (Low Voltage Ride-Through), према стандарду IEC 61400-21. Како се подешава вредност симулираног пада напона, чија је вредност дефинисана у дистрибутивном коду у зависности од дужине трајања пропада напона. (0.5)

15. Које су величине (електричне, амбијенталне и друге) преко којих се може пратити рад ФН система и детектовати евентуална неисправност; вредности ових величина се прикупљају и архивирају кроз системе за прикупљање и архивирање података са ФН система. (1)

16. У једном хибридном систему су фиксирани елементи: ФН систем, дизел-електрични агрегат и потрошња. Навести два разлога због којих повећање капацитета акумулаторске батерије може да доведе до смањења броја укључења, односно времена рада дизел-електричног агрегата. (0.5)

17. Који једноставан инжењерски приступ се користи за уважавање температурне зависности карактеристичних величина ФН система када сe пројектовање заснива на коришћењу каталошких података о соларним панелима? (0.5)

18. Принцип прекидања са два или више редно везаних контаката по сваком од полова се код ФН система прикључених на мрежу примењује: а) само у DC делу система, б) само у AC делу система, в) и у DC и у AC делу система. (0.5)

19. На шеми једне фазе струјно регулисаног 3-level инвертора са хистерезисном регулацијом, приказати стање транзистора снаге у тренутку у коме је излазна струја позитивна, напон мреже позитиван, а потребно је да извод струје по времену такође буде позитиван. (1)

20. Навести три типа наредби, и када се оне извршавају, које се налазе у сваком од паралелних стања (искључива OR стања) Stateflow контролера. Како се задају и када се врши провера услова за прелазак из једног у друго паралелно стање? (1)

|  |  |
| --- | --- |
| proba | ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ **УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ** Катедра за енергетске претвараче и погоне  Мастер акадамске студије - Модул Енергетска ефикасност |

**Испит из предмета Пројектовање фотонапонских система**

*Испит траје максимално 150 минута* 13.07.2015.

*Број поена за свако од питања је написан у загради после питања.*

*Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић*

1. Нацртати скицу из које се види да се у току године и дана мења растојање између сунца и земље, као и упадни угао директне компоненте сунчевог зрачења на површ земље. (0.5)

2. Која два геометријска фактора, и зашто, утичу на то да се директна компонента сунчевог зрачења која долази на површ земље, по Clear-sky моделу, мења у току дана и у току године? (0.5)

3. Да ли је (ако јесте, нацртати скицу која објашњава зашто), рефлектова компонента сунчевог зрачења које долазе на површ панела различита у случају да се панели налазе на површи тла или на врху солитера? (0.5)

4. Који је принцип на коме се заснива рад механичког подешавања оријентације панела тако да се добије максимална снага? (0.5)

5. Објаснити начин функционисања фишеслојних ФН ћелија и принцип који омогућава да се помоћу њих постигне боље искоришћење енергије сунца. (0.5)

6. Објаснити предности фишеслојних ФН ћелија у односу на једнослојне, на пример оне са најмањом и оних са највећом енергетском баријером, по критеријуму броја ослобођених електрона и по критеријуму загревања. (0.5)

7. За које радне услове се дефинише NOCT и да ли и зашто она зависи и од начина монтаже ФН панела? (0.5)

8. Скицирати струјно/напонске карактеристике ФН панела за разне вредности ирадијансе, и на њима јасно показати да вредност напона при којој се постиже наксимална снага при различитим вредностима ирадијансе зависи од вредности ирадијансе. (0.5)

9. Навести 3 температурна коефицијента која се као каталошки податак дају о ФН панелима, а која представљају неопходан податак при пројектовању ФН система. (0.6)

10. Навести један пример ФН система код кога се енергија не складишти као електрична (у акумулаторским батеријама) него као гравитациона. (0.4)

11. Да ли ће појава амбијенталних услова при којима снага ФН система прикљученог на мрежу може да буде већа од номиналне снаге (максимално дозвољене) на DC или AC страни доводи до испада инвертора или се то, и којим дејствима, спречава? (0.5)

12. Објаснити феномен појаве инверзне струје. (0.5)

13. Која тешкоћа се јавља при детектовању електричног лука у једносмерном колу ФН система прикљученог на мрежу, односно због чега је тешко направити универзални детектор електричног лука у једносмерном колу, који би радио по принципу "plug and play"? (0.5)

14. Нацртати блок дијаграм (DC/DC и DC/AC претварачи представљени као коцкице) који омогућава прикључак два стринга панела, од којих се сваки може држати у тачки максималне снаге. (0.5)

15. Нацртати "H-bridge topology with boost DC/DC" као могућу конфигурацију за соларни инвертор без трансформатора. (0.5)

16. Које додатне контроле се морају увести да би се остварила стабилнот "Peak current mode control" и да би се средња вредност струје одржавала на задатој вредности? (0.5)

17. Која је суштинска разлика између пасивних и активних метода за детекцију испада мреже на коју је прикључен соларни инвертор? (0.5)

18. У једном хибридном систему су фиксирани елементи: ФН систем, дизел-електрични агрегат и потрошња. Који је економски критеријум који треба анализирати, односно која су основна два техничка параметра која треба упоредити, при економској оптимизацији капацитета акумулаторске батерије? (0.5)

19. На шеми једне фазе струјно регулисаног 3-level инвертора са хистерезисном регулацијом, приказати стање транзистора снаге у тренутку у коме је излазна струја позитивна, напон мреже негативан, а потребно је да извод струје по времену буде позитиван. (1)

20. Навести три типа наредби, и када се оне извршавају, које се налазе у сваком од паралелних стања (искључива OR стања) Stateflow контролера. Како се задају и када се врши провера услова за прелазак из једног у друго паралелно стање? (1)

|  |  |
| --- | --- |
| proba | ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ **УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ** Катедра за енергетске претвараче и погоне  Мастер акадамске студије - Модул Енергетска ефикасност |

**Испит из предмета Пројектовање фотонапонских система**

*Испит траје максимално 150 минута* 15.09.2015.

*Свако од питања носи 0.5 поена.*

*Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић*

1. Дефинисати соларну константу.

2. Да ли је и зашто потребно извршити анализе и прорачуне који узимају у обзир положај и димензије објеката у околини објекта на који се постављају фотонапонски панели?

3. Зашто је погодно у случају два стринга ФН панела (један постављен на јужну фасаду објекта, а други на источну фасаду објекта), погодно користити претварач који има два једносмерна улаза, на сваки од њих DC/DC претварач, који су паралелно везани на излазу, са кога се напаја инверторски степен, чији је наизменични излаз везан на дистрибутивну мрежу?

4. Који је принцип на коме се заснива рад механичког подешавања оријентације панела тако да се добије максимална снага?

5. Објаснити начин функционисања вишеслојних ФН ћелија и принцип који омогућава да се помоћу њих постигне боље искоришћење енергије Сунца.

6. За критеријуме: а) цене, б) погоршања карактеристика са порастом температуре и в) ефикасности, навести да ли боља својства имају монокристални или поликристални ПВ модули.

7. За које радне услове се дефинише NOCT и да ли и зашто она зависи и од начина монтаже ФН панела?

8. Нацртати еквивалентно коло ФН ћелије и означити њене елементе.

9. Да ли је уобичајено да се у каталогу дају функционалне зависности елемената еквивалентног кола ФН ћелије од температуре (након чега је могуће симулирати било који радни режим рада ФН ћелије) или се дају неке друге величине (у случају да је ово тачно, који је технички циљ који се може постићи коришћењем тих величина)?

10. Навести један пример ФН система код кога се енергија не складишти као електрична (у акумулаторским батеријама) него као гравитациона. Да ли је и у том случају од интереса функција MPPT?

11. Да ли ће појава амбијенталних услова при којима снага ФН система прикљученог на мрежу може да буде већа од номиналне снаге (максимално дозвољене) на DC или AC страни довести до испада инвертора или се то, и којим дејствима, спречава?

12. Објаснити феномен појаве инверзне струје.

13. Који је крајњи ефекат дејства обилазних (bypass) диода?

14. Која тешкоћа се јавља при детектовању електричног лука у једносмерном колу ФН система прикљученог на мрежу, односно због чега је тешко направити универзални детектор електричног лука у једносмерном колу, који би радио по принципу "plug and play"?

15. Нацртати "H-bridge topology with boost DC/DC" као могућу конфигурацију за соларни инвертор без трансформатора.

16. Која су два основна принципа на основу којих се постављају горња и доња гранична вредност струје у алгоритмима хистерезисне струјне контроле?

17. Која је суштинска разлика између пасивних и активних метода за детекцију испада мреже на коју је прикључен соларни инвертор?

18. У једном хибридном систему су фиксирани елементи: ФН систем, дизел-електрични агрегат и потрошња. Који се трошкови смањују повећањем капацитета (а тиме и цене) акумулаторске батерије?

19. Нацртати шему једне фазе струјно регулисаног 3-level инвертора са хистерезисном регулацијом и приказати стање транзистора снаге (Т1 - Т4) у тренутку у коме је излазна струја позитивна, напон мреже позитиван, а потребно је да извод струје по времену такође буде позитиван (на шеми назначити усвојене референтне смерове).

20. Навести три типа наредби, и када се оне извршавају, које се налазе у сваком од паралелних стања (искључива OR стања) Stateflow дијаграма. Како се задају и када се врши провера услова за прелазак из једног у друго паралелно стање?

|  |  |
| --- | --- |
| proba | ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ **УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ** Катедра за енергетске претвараче и погоне  Мастер акадамске студије - Модул Енергетска ефикасност |

**Испит из предмета Пројектовање фотонапонских система**

*Испит траје максимално 150 минута* 28. 06. 2016.

*Број поена за свако од питања је написан у загради после питања.*

*Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић*

1. Дефинисати соларну константу. (0.5)

2. На коју компоненту сунчевог зрачења највише утиче положај фотонапонских панела у односу на околне објекте? (0.5)

3. Зашто је погодно у случају два стринга ФН панела (један постављен на јужну фасаду објекта, а други на источну фасаду објекта), погодно користити претварач који има два једносмерна улаза, на сваки од њих DC/DC претварач, који су паралелно везани на излазу, са кога се напаја инверторски степен, чији је наизменични излаз везан на дистрибутивну мрежу? (0.5)

4. Како се може проценити корист (додатна енергија у односу на ситуацију да је положај фотонапонског панела фиксан) од примене механичког подешавања оријентације панела? Сматрати да је познато: а) вредности ирадијансе за сваки сат у току године за фиксан положај панела, b) положај панела при коме се има максимална ирадијанса и вредност ирадијансе за сваки сат у току године (0.5)

5. Нацртати еквивалентно коло ФН ћелије и означити њене елементе. (0.5)

6. Од чега зависи температура пн споја? (0.5)

7. Навести 3 температурна коефицијента која се као каталошки податак дају о ФН панелима, а која представљају неопходан податак при пројектовању ФН система. (0.5)

8. Скицирати у U - I координатном систему карактеристика ФН модула и отпорног оптерећења прикљученог директно на крајеве ФН модула, и означити радне тачке које се успостављају при три различита отпорна оптерећења и две различите ирадијансе. (0.5)

9. Који је крајњи ефекат дејства обилазних (bypass) диода? (0.5)

10. Којим дејством се може постићи да не дође до преоптерећења полупроводничких елемената у претварачу и у случају да су амбијентални услови такви да ФН систем прикључен на мрежу може да даје снагу већу од номиналне (максимално дозвољене)? (0.5)

11. На нивоу блок-дијаграма нацртати топологију једног претварача са високофреквентним трансформатором који се у пракси примењује за прикључење ФН модула на мрежу. (0.5)

12. Која су два основна принципа на основу којих се постављају горња и доња гранична вредност струје у алгоритмима хистерезисне струјне контроле? (0.5)

13. Која је суштинска разлика између пасивних и активних метода за детекцију испада мреже на коју је прикључен соларни инвертор? (0.5)

14. Објаснити методу инкременталне кондуктансе за остваривање тачке максималне снаге. (1)

15. Нацртати блок шему регулације напона у једносмерном међуколу претварача преко кога се стрингови панела прикључују на мрежу. Систем се састоји од DC/DC претварача, спрежног кондензатора и DC/AC претварача, а регулатор је имплементиран као дигитални ПИ регулатор. (0.5)

16. Објаснити феномен појаве инверзне струје. (0.5)

17. Нацртати тест постројење за испитивање функције LVRT (Low Voltage Ride-Through), према стандарду IEC 61400-21. Како се подешава вредност симулираног пада напона, чија је вредност дефинисана у дистрибутивном коду у зависности од дужине трајања пропада напона. (0.5)

18. Које су величине (електричне, амбијенталне и друге) преко којих се може пратити рад ФН система и детектовати евентуална неисправност; вредности ових величина се прикупљају и архивирају кроз системе за прикупљање и архивирање података са ФН система. (1)

19. На шеми једне фазе струјно регулисаног 3-level инвертора са хистерезисном регулацијом, приказати стање транзистора снаге у тренутку у коме је излазна струја позитивна, напон мреже позитиван, а потребно је да извод струје по времену такође буде позитиван. (1)

20. Навести три типа наредби, и када се оне извршавају, које се налазе у сваком од паралелних стања (искључива OR стања) Stateflow контролера. Како се задају и када се врши провера услова за прелазак из једног у друго паралелно стање? (1)

|  |  |
| --- | --- |
| proba | ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ **УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ** Катедра за енергетске претвараче и погоне  Мастер акадамске студије - Модул Енергетска ефикасност |

**Испит из предмета Пројектовање фотонапонских система**

*Испит траје максимално 150 минута* 10. 06. 2017.

*Број поена за свако од питања је написан у загради после питања*

*Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић*

1. Дефинисати соларни зенитни угао *θ*ZS. (0.5)

2. На коју, и зашто, компоненту сунчевог зрачења највише утиче положај фотонапонских панела у односу на околне објекте? (0.5)

3. На располагању је соларни калкулатор приказан у лабораторијској вежби. Описати поступак како би за задату локацију могла да се одреди максимална ирадијанса која би се постизала механичким праћењем MPP. (0.5)

4. Зашто је погодно у случају два стринга ФН панела (један постављен на јужну фасаду објекта, а други на источну фасаду објекта), погодно користити претварач који има два једносмерна улаза, на сваки од њих DC/DC претварач, који су паралелно везани на излазу, са кога се напаја инверторски степен, чији је наизменични излаз везан на дистрибутивну мрежу? (0.5)

5. Потребно је извршити процену исплативости реализације механичког праћења MPP. Претпоставимо да је познато: а) вредности ирадијансе за сваки сат у току године за фиксан (оптималан) положај панела, b) положај панела при коме се, за сваки сат у току године, има максимална ирадијанса, као и вредност те ирадијансе. Како се може извршити процена исплативости реализације механичког праћења MPP? (1)

6. Нацртати еквивалентно коло ФН ћелије и означити њене елементе. (0.5)

7. Зашто механичка конструкција панела (начин фиксирања панела и механичка заштита од подизања панела) утиче на температуру. а тиме и на електричне карактеристике панела? (0.5)

8. Нацртати карактеристике соларног панела и акумулаторске батерије, која се пуни са соларног панела, при чему је директно прикључена на панел. Квалитативно приказати три криве: а) када је батерија скоро празна, б) када је напуњена око 50 % и в) када је скоро пуна. Поред тога, за случај б) приказати случајеве мале и велике ирадијансе на површи панела. (1)

9. Да ли је температурни коефицијент максималне снаге позитиван или негативан, односно да ли максимална снага при специфицираној ирадијанси на површи панела опада или расте са опадањем температуре амбијента (претпоставља се да је иста и брзина и смер ветра). (0.5)

10. Навести још 3 температурна коефицијента која се као каталошки податак дају о ФН панелима, а која представљају неопходан податак при пројектовању ФН система. (0.5)

11. Који је крајњи ефекат дејства обилазних (bypass) диода? (0.5)

12. Који критеријум, осим "сервисне путање" за пролазак између стрингова панела, утиче на одређивање растојања између стрингова панела? (0.5)

13. Којим дејством се може постићи да не дође до преоптерећења (струја већа од номиналне) полупроводничких елемената у инверторском елементу претварача у случају да су амбијентални услови такви да соларни панели у оквиру ФН система прикљученог на мрежу могу да дају снагу већу од номиналне? (0.5)

14. Нацртати топологију претварача "H-bridge topology with boost DC/DC" којим се стрингови соларних панела прикључују на електродистрибутивну мрежу. (0.5)

15. Који је, и зашто, принцип регулације струје робуснији у погледу спречавања појаве великих тренутних вредности струје: принцип заснован на одређивању времена довођења напона из једносмерног кола на излаз инверторе или принцип хистерезисне контроле вршних вредности струје у сваком прекидачком периоду? (0.5)

16. Објаснити принцип рада и могуће реализације на микроконтролеру "Zero crossing PLL" алгоритма. (0.5)

17. Нацртати заменску шему која даје приказ ситуације када је присутно мрежно напајање дела мрежа са пријемницима електричне енергије и фотонапонским системима прикљученим на мрежу, пре и после испада мреже. (0.5)

18. Полазећи од шеме из прошлог питања, одредити равнотежни напон који би се успоставио по испаду мреже, претпостављајући да је оптерећење чисто активно, а соларни инвертор даје само активну снагу (њена вредност је одређена тренутним амбијенталним условима). (0.5)

19. Описати принцип рада методе празног хода за постизање тачке максималне снаге фотонапонског система. (0.5)

20. Навести три типа наредби, и када се оне извршавају, које се налазе у сваком од паралелних стања (искључива OR стања) Stateflow контролера. Како се задају и када се врши провера услова за прелазак из једног у друго паралелно стање? (0.5)

|  |  |
| --- | --- |
| proba | ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ **УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ** Катедра за енергетске претвараче и погоне  Мастер акадамске студије - Модул Енергетска ефикасност |

**Испит из предмета Пројектовање фотонапонских система**

*Испит траје максимално 150 минута* 4. 7. 2017.

*Максималан број поена на сваком од питања је 0,5*

*Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић*

1. Нацртати орбиту Земље око сунца и написати израз за одређивање растојања Земље од сунца.

2. Дефинисати соларну константу.

3. На располагању је соларни калкулатор који за дефинисану локацију и положај (оријентацију) соларног панела израчунава ирадијансу на површи панела у сваком сату током године. Како се применом калкулатора може одреди максимална ирадијанса на површи панела која би се у сваком тренутку остварила механичким праћењем MPP.

4. Како се на основу вредности максималне ирадијансе на површи панела (видети претходни задатак) може проценити исплативост реализације механичког праћења MPP?

5. У којим ситуацијама постављање више обилазних (bypass) диодa у сваком од фотонапонских модула може да доведе до повећања електричне енергије коју генеришу паралелни низови стрингова соларних панела?

6. Нацртати еквивалентно коло ФН ћелије (са објашњењем елемената), на чији је излаз повезана акумулаторска батерија и пријемник једносмерне електричне енергије.

7. Да ли се параметри елемената еквивалентног кола ФН ћелије дају као стандардни податак о панелу или се до њих мора доћи користећи неке друге податке и прорачунске поступке (навести оквирно које).

8. Принцип рада и предности вишеслојних фотонапонских ћелија.

9. Један од битних техничких аспеката у фотонапонској техници је термичко моделовање панела. Због чега је оно битно и које величине утичу на температуру панела?

10. Навести 3 температурна коефицијента која се као каталошки податак дају о ФН панелима, а која представљају неопходан податак при пројектовању ФН система. За бар два навести који је мањи, а који већи.

11. Каква "штета" код практично изведеног фотонапонског система савремене изведбе може да настане ако су амбијентални услови такви да фотонапонски систем може да генерише више енергије него што је добијено на основу амбијенталних услова претпостављених током процеса пројектовања?

12. Написати критеријум провере опасних вредности инверзне струје.

13. Нацртати шему мулти-стринг инвертора.

14. Који је начин управљања погодан за активацију појединих дигиталних регулатора којима се врше локалне регулације (струје, напона, учестаности итд.), у зависности од амбијенталних услова (дан / ноћ), стања мреже итд.

15. Објаснити принцип рада PLL алгоритма изведеног код трофазног инвертора у *dq* референтном систему.

16. Нацртати заменску шему која даје приказ ситуације када је присутно мрежно напајање дела мрежа са пријемницима електричне енергије и фотонапонским системима, пре и после испада мреже.

17. Која је физичка основа детекције испада мреже базирана на детекцији хармоника напона и хармоника струје?

18. Описати принцип рада методе кратког споја за постизање тачке максималне снаге фотонапонског система.

19. Нацртати тест постројење за испитивање функције LVRT (Low Voltage Ride-Through), према стандарду IEC 61400-21. Како се подешава вредност симулираног пада напона, чија је вредност дефинисана у дистрибутивном коду у зависности од дужине трајања пропада напона.

20. На шеми једне фазе струјно регулисаног 3-level инвертора са хистерезисном регулацијом, приказати стање транзистора снаге у тренутку у коме је излазна струја позитивна, напон мреже позитиван, а потребно је да извод струје по времену такође буде позитиван.

|  |  |
| --- | --- |
| proba | ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ **УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ** Катедра за енергетске претвараче и погоне  Мастер акадамске студије - Модул Енергетска ефикасност |

**Испит из предмета Пројектовање фотонапонских система**

*Испит траје максимално 150 минута* 12. 2. 2018.

*Максималан број поена на сваком од питања је 0,5*

*Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић*

1. Дефинисати соларни зенитни угао *θ*ZS.

2. На коју, и зашто, компоненту сунчевог зрачења највише утиче положај фотонапонских панела у односу на околне објекте?

3. На располагању је соларни калкулатор који за дефинисану локацију и положај (оријентацију) соларног панела израчунава ирадијансу на површи панела у сваком сату током године. Како се применом калкулатора може одреди максимална ирадијанса на површи панела која би се у сваком тренутку остварила механичким праћењем MPP.

4. Како се на основу вредности максималне ирадијансе на површи панела (видети претходни задатак) може проценити исплативост реализације механичког праћења MPP?

5. У којим ситуацијама постављање више обилазних (bypass) диодa у сваком од фотонапонских модула може да доведе до повећања електричне енергије коју генеришу паралелни низови стрингова соларних панела?

6. Нацртати еквивалентно коло ФН ћелије (са објашњењем елемената), на чији је излаз повезана акумулаторска батерија и пријемник једносмерне електричне енергије.

7. Да ли се параметри елемената еквивалентног кола ФН ћелије дају као стандардни податак о панелу или се до њих мора доћи користећи неке друге податке и прорачунске поступке (навести оквирно које).

8. Зашто механичка конструкција панела (начин фиксирања панела и механичка заштита од подизања панела) утиче на температуру. а тиме и на електричне карактеристике панела?

9. Који критеријум, осим "сервисне путање" за пролазак између стрингова панела, утиче на одређивање растојања између стрингова панела?

10. Каква "штета" код практично изведеног фотонапонског система савремене изведбе може да настане ако су амбијентални услови такви да фотонапонски систем може да генерише више енергије него што је добијено на основу амбијенталних услова претпостављених током процеса пројектовања?

11. На нивоу блок-дијаграма нацртати топологију једног претварача са високофреквентним трансформатором који се у пракси примењује за прикључење ФН модула на мрежу.

12. Написати критеријум провере опасних вредности инверзне струје.

13. Нацртати шему мулти-стринг инвертора.

14. Који је начин управљања погодан за активацију појединих дигиталних регулатора којима се врше локалне регулације (струје, напона, учестаности итд.), у зависности од амбијенталних услова (дан / ноћ), стања мреже итд.

15. Објаснити принцип рада и могуће реализације на микроконтролеру "Zero crossing PLL" алгоритма.

16. Нацртати заменску шему која даје приказ ситуације када је присутно мрежно напајање дела мрежа са пријемницима електричне енергије и фотонапонским системима, пре и после испада мреже.

17. Која је физичка основа детекције испада мреже базирана на детекцији хармоника напона и хармоника струје?

18. Објаснити методу инкременталне кондуктансе за остваривање тачке максималне снаге.

19. Нацртати тест постројење за испитивање функције LVRT (Low Voltage Ride-Through), према стандарду IEC 61400-21. Како се подешава вредност симулираног пада напона, чија је вредност дефинисана у дистрибутивном коду у зависности од дужине трајања пропада напона.

20. На шеми једне фазе струјно регулисаног 3-level инвертора са хистерезисном регулацијом, приказати стање транзистора снаге у тренутку у коме је излазна струја позитивна, напон мреже позитиван, а потребно је да извод струје по времену такође буде позитиван.

|  |  |
| --- | --- |
| proba | ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ **УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ** Катедра за енергетске претвараче и погоне  Мастер акадамске студије - Модул Енергетска ефикасност |

**Испит из предмета Пројектовање фотонапонских система**

*Испит траје максимално 150 минута* 13. 06. 2018.

*Број поена за свако од питања је 0,5 поена, осим ако није другачије наведено*

*Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић*

1. Дефинисати соларну константу.

2. Шта се дешава са сунчевим зрачењем у слојевима атмосфере и како се то одражава на компоненте сунчевог зрачења (директну и дифузну)? Дефинисати величину “маса ваздуха“ (*AM*) и навести зашто она утиче на претходно наведене компоненте. (1)

3. Претпоставимо да постоји „савршен“ механизам механичког праћења MPP на једном ФН систему. У ком положају у односу на упадни зрак директне компоненте сунчевог зрачења ће се налазити ФН панел.

4. Зашто је у случају два стринга ФН панела (један постављен на јужну фасаду објекта, а други на источну фасаду објекта) погодно користити претварач који има два једносмерна улаза, са сопственим DC/DC претварачем, чији су излази везани паралелно и са којих се напаја инверторски степен, чији је наизменични излаз везан на дистрибутивну мрежу? У објашњење укључити и слике положаја орта вектора нормале на површину и орта упадног зрака сунца. (1)

5. Скицирати конструкцију (приказати најважније елементе) фотонапонског термичког хибридног колектора.

6. Написати изразе из којих се види од чега све зависи напон празног кола на крајевима ФН панела? Да ли је битан и начин причвршења панела и због чега? Да ли је битна брзина и смер ветра и на који параметар у претходним једначинама он утиче? (1)

7. Нацртати карактеристике соларног панела и акумулаторске батерије, која се пуни са соларног панела, при чему је директно прикључена на панел. Квалитативно приказати три криве: а) када је батерија скоро празна, б) када је напуњена око 50 % и в) када је скоро пуна. Са порастом степена напуњености батерије повећава се напон идеалног напонског генератора и смањује унутрашња отпорност батерије (батерија се моделује редном везом ова два елемента). Поред тога, за случај б) приказати случајеве мале и велике ирадијансе на површи панела. (1)

8. Нацртати један нисконапонски вод на који је прикључено 12 идентичних објеката. Растојање између објеката, као и између првог објекта и трансформаторске станице ТС (номинална вредност линијског напона на нисконапонсим трофазним сабирницама трансформатора *Un*) је идентично (*L*). Подужни параметри вода износе *r* и *l*. Електрична потрошња у сваком од објеката је идентична и износи (*PO*, *QO*). На објекте 4, 8 и 12 (посматрано од ТС) су постављени ФН системи, при чему сваки од њих генерише исту снагу (*PFN*, *QFN*); сматрати да су и активна и реактивна снага мање од потрошње у објектима. Колико износе губици у воду и пад напона до последњег објекта у наведеној ситуацији, као и за случај да нестане генерисање енергије од стране ФН панела? Сума *n* природних пројева износи *n*(*n* +1)/2. (1)

9. Који је крајњи ефекат дејства обилазних (bypass) диода? Како ће реаговати MPP track-ер у случају да један од *n* ФН панела, заштићен bypass диодом, у стрингу уђе у сенку? (1)

10. На који начин се спречава да не дође до преоптерећења (температура већа од номиналне) полупроводничких елемената у соларном инвертору у случају конкретних амбијенталних услова и услова хлађења (посматрати општи случај да снага која долази са стране стринга панела може да буде и мања и већа од номиналне)?

11. Написати критеријум провере опасних вредности инверзне струје.

12. Објаснити постојање хармоника струје у једносмерном колу стрингова ФН панела који се преко инвертора прикључују на електро-дистрибутивну мрежу. Који је разлог да се врши одстрањивање ових хармоника из сигнала чијом се обрадом генерише сигнал постојања лука? Објаснити суштину методе дефинисања делова спектра који ових хармоника, који се се искључују из сигнала који се обрађује у циљу детекције лука.

13. Нацртати топологију претварача "Half-bridge topology" којим се стрингови соларних панела прикључују на електродистрибутивну мрежу.

14. Који је, и зашто, принцип регулације струје робуснији у погледу спречавања појаве великих тренутних вредности струје: принцип заснован на одређивању времена довођења напона из једносмерног кола на излаз инверторе или принцип хистерезисне контроле вршних вредности струје у сваком прекидачком периоду?

15. Шта се користи као сигнал грешке (улаз у ПИ регулатор), а шта је излаз из ПИ регулатора код PLL алгоритма базираних на примени d q трансформације?

16. Колики би био равнотежни напон који би се успоставио по испаду мреже, претпостављајући да је оптерећење чисто активно, а соларни инвертор даје само активну снагу (њена вредност је одређена тренутним амбијенталним условима).

17. Објаснити методу инкременталне кондуктансе за остваривање тачке максималне снаге.

18. Навести разлог због чега је уведено LVRT (Low Voltage Ride-Through) управљање фотонапонским инвертором. Објаснити основу алгоритма – које су границе напона када се детектује да се улази у стае LVRT и која акција управљања инвертором следи?

|  |  |
| --- | --- |
| proba | ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ **УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ** Катедра за енергетске претвараче и погоне  Мастер акадамске студије - Модул Енергетска ефикасност |

**Испит из предмета Пројектовање фотонапонских система**

*Испит траје максимално 150 минута* 16. 07. 2018.

*Број поена за свако од питања је 0,5 поена, осим ако није другачије наведено*

*Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић*

1. Нацртати орбиту Земље око сунца и написати израз за одређивање растојања Земље од сунца.

2. Шта се дешава са сунчевим зрачењем у слојевима атмосфере и како се то одражава на компоненте сунчевог зрачења (директну и дифузну)? Дефинисати величину “маса ваздуха“ (*AM*) и навести зашто она утиче на претходно наведене компоненте. (1)

3. Зашто је у случају два стринга ФН панела (један постављен на јужну фасаду објекта, а други на источну фасаду објекта) погодно користити претварач који има два једносмерна улаза, са сопственим DC/DC претварачем, чији су излази везани паралелно и са којих се напаја инверторски степен, чији је наизменични излаз везан на дистрибутивну мрежу? У објашњење укључити и слике положаја орта вектора нормале на површину и орта упадног зрака сунца. (1)

4. Објаснити конструкцију и принцип рада вишеслојних ФН ћелија.

5. Написати изразе из којих се види од чега све зависи напон празног кола на крајевима ФН панела? Да ли је битан и начин причвршћења панела и због чега? Да ли је битна брзина и смер ветра и на који параметар у претходним једначинама он утиче? (1)

6. Нацртати карактеристике соларног панела и акумулаторске батерије, која се пуни са соларног панела, при чему је директно прикључена на панел. Квалитативно приказати три криве: а) када је батерија скоро празна, б) када је напуњена око 50 % и в) када је скоро пуна, а ирадијанса има константну вредност. Са порастом степена напуњености батерије повећава се напон идеалног напонског генератора и смањује унутрашња отпорност батерије (батерија се моделује редном везом ова два елемента). Поред тога, за случај б) приказати случајеве мале и велике ирадијансе на површи панела. Одредити вредност повећања струје пуњења ако би се између панела и акумулатора поставио MPP tracker. (1)

7. Нацртати један нисконапонски вод на који је прикључено 12 идентичних објеката. Растојање између објеката, као и између првог објекта и трансформаторске станице ТС (номинална вредност линијског напона на нисконапонсим трофазним сабирницама трансформатора *Un*) је идентично (*L*). Подужни параметри вода износе *r* и *l*. Електрична потрошња у сваком од објеката је идентична и износи (*PO*, *QO*). На објекте 4, 8 и 12 (посматрано од ТС) су постављени ФН системи, при чему сваки од њих генерише исту снагу (*PFN*, *QFN*); сматрати да су и активна и реактивна снага мање од потрошње у објектима. Колико износе губици у воду и пад напона до последњег објекта у наведеној ситуацији, као и за случај да нестане генерисање енергије од стране ФН панела? Сума *n* природних бројева износи *n*(*n* +1)/2. (1)

8. Који је крајњи ефекат дејства обилазних (bypass) диода? Полазећи од радне тачке када су сви панели потпуно осунчани, објаснити која ће бити нова напонска равнотежна тачка на целом стрингу, која се успоставља као резултат рада MPP track-а у случају да два од *n* ФН панела (сваки од панела је заштићен bypass диодом) у стрингу уђе у сенку? (1)

9. Описати феномен инверзне струје, због чега је он опасан и које су техничке мере којима се елиминишу његове опасне последице.

10. Објаснити постојање хармоника струје у једносмерном колу стрингова ФН панела који се преко инвертора прикључују на електро-дистрибутивну мрежу. Који је разлог да се врши одстрањивање ових хармоника из сигнала чијом се обрадом генерише сигнал постојања лука? Објаснити суштину методе дефинисања делова спектра који ових хармоника, који се се искључују из сигнала који се обрађује у циљу детекције лука.

11. На шеми једне фазе струјно регулисаног 3-level инвертора са хистерезисном регулацијом, приказати стање транзистора снаге у тренутку у коме је излазна струја позитивна, напон мреже позитиван, а потребно је да извод струје по времену такође буде позитиван. (1)

12. Шта се користи као сигнал грешке (улаз у ПИ регулатор), а шта је излаз из ПИ регулатора код PLL алгоритма базираних на примени d q трансформације?

13. Која је суштинска разлика између пасивних и активних метода за детекцију испада мреже на коју је прикључен соларни инвертор? Која је основна добит од увођења компликованијих активних метода у односу на пасивне?

14. Описати принцип рада методе кратког споја за постизање тачке максималне снаге фотонапонског система.

15. Навести разлог због чега је уведено LVRT (Low Voltage Ride-Through) управљање фотонапонским инвертором. Објаснити основу алгоритма – које су границе напона када се детектује да се улази у стање LVRT и која акција управљања инвертором следи? (0.75)

|  |  |
| --- | --- |
| proba | ЕЛЕКТРОТЕХНИЧКИ ФАКУЛТЕТ **УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ** Катедра за енергетске претвараче и погоне  Мастер акадамске студије - Модул Енергетска ефикасност |

**Испит из предмета Пројектовање фотонапонских система**

*Испит траје максимално 150 минута* 13. 02. 2019.

*Број поена за свако од питања је 0,5 поена, осим ако није другачије наведено*

*Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић*

1. Шта се дешава са сунчевим зрачењем у слојевима атмосфере и како се то одражава на компоненте сунчевог зрачења (директну и дифузну)? Дефинисати величину “маса ваздуха“ (*AM*) и навести зашто она утиче на претходно наведене компоненте. (1)

2. Објаснити појам самозасенчења панела до кога долази у случају паралелних стрингова панела. (0.5) Који је штетан ефекат самозасенчења (на питање одговорити сматрајући да се користе бајпас диоде)? (0.5)

3. Написати изразе из којих се види од чега све зависи напон празног кола на крајевима ФН панела? Да ли је битан и начин причвршћења панела и због чега? Да ли је битна брзина и смер ветра и на који параметар у претходним једначинама он утиче? (1)

4. Нацртати карактеристике соларног панела и акумулаторске батерије, која се пуни са соларног панела, при чему је директно прикључена на панел. Квалитативно приказати три криве: а) када је батерија скоро празна, б) када је напуњена око 50 % и в) када је скоро пуна, а ирадијанса има константну вредност. Са порастом степена напуњености батерије повећава се напон идеалног напонског генератора и смањује унутрашња отпорност батерије (батерија се моделује редном везом ова два елемента). Поред тога, за случај б) приказати случајеве мале и велике ирадијансе на површи панела. Одредити вредност повећања струје пуњења ако би се између панела и акумулатора поставио MPP tracker. (1)

5. Нацртати један нисконапонски вод на који је прикључено 12 идентичних објеката. Растојање између објеката, као и између првог објекта и трансформаторске станице ТС (номинална вредност линијског напона на нисконапонсим трофазним сабирницама трансформатора *Un*) је идентично (*L*). Подужни параметри вода износе *r* и *l*. Електрична потрошња у сваком од објеката је идентична и износи (*PO*, *QO*). На објекте 4, 8 и 12 (посматрано од ТС) су постављени ФН системи, при чему сваки од њих генерише исту (чисто активну) снагу *PFN*; сматрати да су и активна и реактивна снага мање од потрошње у објектима. Колико износе губици у воду и пад напона до последњег објекта у наведеној ситуацији, као и за случај да нестане генерисање енергије од стране ФН панела? Сума *n* природних бројева износи *n*(*n* +1)/2. (1)

6. Који је начин управљања погодан за активацију појединих дигиталних регулатора којима се врше локалне регулације (струје, напона, учестаности итд.), у зависности од амбијенталних услова (дан / ноћ), стања мреже итд. (0.5)

7. Како реагује систем регулације једног фотонапонског система да би спречио преоптерећење полупроводничких претварача у случају да су амбијентални услови такви да фотонапонски систем може да генерише више енергије него при амбијенталним условима претпостављеним у поступку пројектовања? (0.5)

8. Објаснити постојање хармоника струје у једносмерном колу стрингова ФН панела који се преко инвертора прикључују на електро-дистрибутивну мрежу. Који је разлог да се врши одстрањивање ових хармоника из сигнала чијом се обрадом генерише сигнал постојања лука? Објаснити суштину методе дефинисања делова спектра који ових хармоника, који се искључују из сигнала који се обрађује у циљу детекције лука. (1)

9. На шеми једне фазе струјно регулисаног 3-level инвертора са хистерезисном регулацијом, приказати стање транзистора снаге у тренутку у коме је излазна струја позитивна, напон мреже негативан, а потребно је да извод струје по времену буде позитиван. (1)

10. Објаснити методу инкременталне кондуктансе за остваривање тачке максималне снаге. (1)

11. Навести разлог због чега је уведено LVRT (Low Voltage Ride-Through) управљање фотонапонским инвертором. Објаснити основу алгоритма – које су границе напона када се детектује да се улази у стање LVRT и која акција управљања инвертором следи? (1)