|  |  |
| --- | --- |
| 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 нисконапонским 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)

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 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)

|  |  |
| --- | --- |
| 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* 8. 7. 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. Описати поступак којим се задату локацију могла да се одреди максимална енергија која би могла да се добије после реализације електричног механизма подешавања напона на стринговима панела и механизма подешавања нагиба панела током времена. (0.5) Која је, и због чега, већа очекивана већа ефикасност рада електричног и механичког праћења тачке максималне снаге. (0.5)

4. 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)

5. 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)

6. Нацртати један нисконапонски вод на који су прикључена 4 идентична објекта. 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 други објекат од ТС је постављен ФН систем, при чему он генерише исту (чисто активну) снагу *PFN*; сматрати да су и активна снага мања од потрошње другом објекту. Написати систем једначина из кога се могу израчунати губици у воду и пад напона до последњег објекта у наведеној ситуацији, као и за случај да нестане генерисање енергије од стране ФН панела? Сматрати да је напон на нисконапонсим трофазним сабирницама трансформатора крут и једнак *Un*. При писању једначина уважити промену напона дуж вода. (1.5)

7. Описати State flow управљање као механизам програмирања управљањем преварањем фотонапонских претварача. Очекивани обим текста одговора је пола стране (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 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 P&O алгоритма који користи вредности мерења у три радне тачке да би се остварила тачка максималне снаге. (1)

11. Објаснити методу скока фазе напона за детектовање испада мреже на коју је прикључен соларни инвертор. (0.5)

12. Навести разлог због чега је уведено LVRT (*Low Voltage Ride-Through*) управљање фотонапонским инвертором. Објаснити основу алгоритма. (0.5)

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

**Испит из предмета Пројектовање фотонапонских система**

*Испит траје максимално 150 минута* 25. 5. 2020.

*Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић*

1. Нацртати скицу на којој су приказани екстратерестичко зрачење сунца и све три компоненте сунчевог зрачења које на крају падају на површ соларног панела. (0.5) Навести где и због чега долази до губитка енергије електромагнетских таласа. (0.5) Навести и дати скицу три диспозициона фактора која услед засенчења утичу на смањење појединих компоненти сунчевог зрачења које падају на површ панела. (0.5) Дати скицу која објашњава на који начин се бифацијалним соларним панелима повећава део сунчевог зрачења који учествује у фотонапонској конверзији. (0.5)

2. Дати скицу хибридне ФН ћелије. Који облици енергије се добијају помоћу ње? Да ли се, и зашто, повећава електрична енергија која се добија хибридном ФН ћелијом у односу на енергију која би се добила идентичном класичном ФН ћелијом. (1)

3. Дефинисати стандардне тест услове (STC) (0.5) и нормалну радну температуру (NOCT) ФН ћелије (0.5).

4. Који од наведених исказа су тачни за величине у заменској шеми ФН ћелије (сваку питање носи 0.25 поена)

а) фотоструја зависи од ирадијансе која пада на ФН ћелију

б) струја повратне дифузије не зависи од температуре ФН ћелије

в) на вредност струје повратне дифузије не утиче сопствени серијски отпор ФН ћелије

г) на вредност струје повратне дифузије утиче напон на прикључцима ФН ћелије

5. Нацртати електричну шему система off-grid напајања са ФН панелима која садржи два DC/DC претварача, при чему се улаз првог прикључује на ФН панеле, док се на излаз другог прикључује акумулаторска батерија. (0.5) Регулацијом оба DC/DC претварача се постиже циљна регулација два напона. Навести која су то два напона и на које вредности се подешавају. (0.5)

6. Објаснити како се одређује опсег броја ФН ћелија које је могуће везати на ред по критеријуму да се постигне рад у MPP режиму ФН панела, имајући у виду могућ опсег напона у DC колу при коме инвертор може да инјектира снагу у наизменичну мрежу. (0.5) Која се још два услова проверавају у склопу упарености карактеристика стрингова ФН панела и соларног инвертора? (0.5)

7. Написати неједнакост из које произилази закључак да не постоји опасност од превеликих вредности инверзне струје у случају да су паралелно везана два идентична стринга ФН панела. (0.5)

8. Нацртати један нисконапонски вод на који су прикључена 4 идентична објекта. Растојање између објеката, као и између првог објекта и трансформаторске станице ТС је идентично (*L*). Подужни параметри вода износе *r* и *l*. Електрична потрошња у сваком од објеката је идентична и износи (*PO*, *QO*). На други објекат од ТС је постављен ФН систем, при чему он генерише активну снагу *PFN* и реактивну снагу, која је таква да је струја на излазу из инвертора једнака номиналној (линијској) струји инвертора *IInv*. Сматрати да су и активна и реактивна снага које генерише инвертор мање од потрошње у другом објекту. Написати систем једначина из кога се могу израчунати губици у воду и пад напона до последњег објекта у наведеној ситуацији, као и за случај да нестане генерисање енергије од стране ФН панела? Сматрати да је напон на нисконапонским трофазним сабирницама трансформатора крут и једнак *Un*. При писању једначина уважити промену напона дуж вода. (1.5)

9. Нацртати топлогију претварача за прикључење ФН панела на електродистрибутвну мрежу која садржи 3-level NPC инверор. (1)

10. Објаснити принцип рада методе инкременталне кондуктансе за остваривање тачке максималне снаге. (1)

11. Навести зону опсега напона у функцији времена у којој се примењује LVRT (Low Voltage Ride-Through) управљање фотонапонским инвертором, односно инјектирање само реактивне снаге. Који је критеријум да се управљање из LVRT врати на нормално (задата активна и реактивна снага, усклађена са MPP и номиналном струјом инвертора) (1)

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

**Испит из предмета Пројектовање фотонапонских система**

*Испит траје максимално 150 минута* 21. 5. 2021.

*Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић*

1. Написати израз, и дефинисати чланове у њему, за рефлектовану компоненту сунчевог зрачења које пада на површ једностраног соларног панела (0,5п). При ком нагибу панела према површи тла се има минимална, а при ком максимална вредност рефлектоване компоненте (0,5п). На који начин се може утицати на вредност ове компоненте, ако се пође од претпоставке да је нагиб панела фиксан, одређен на начин да се постигне максимална могућа укупна енергија соларног зрачења у току године (0,5п).

2. Објаснити принцип рада вишеслојних фотонапонских ћелија. (0,5п)

3. Користећи заменску шему фотонапонске ћелије, објаснити проблем до кога долази када једна од ћелија у стрингу улази у сенку (0,5п). Објаснити принцип рада обилазне (bypass) диоде и начин на који се решава претходно описани проблем (0,5п).

4. Који од наведених исказа су тачни за величине у заменској шеми ФН ћелије (свако питање носи 0,25 поена):

а) фотоструја зависи од ирадијансе која пада на ФН ћелију,

б) струја повратне дифузије зависи од температуре ФН ћелије,

в) серијски отпор Rs потиче од микродефеката и нечистоћа унутар соларне ћелије,

г) на вредност струје повратне дифузије утиче напон на прикључцима ФН ћелије.

5. У каталогу соларних претварача се даје вредност опсега напона на једносмерној прикључној страни претварача (на коју се везују стрингови соларних панела) за које претварач може енергију да инјектира у наизменичну мрежу на коју се прикључује. Полазећи од амбијенталних услова рада соларног система, објаснити како се одређује опсег броја ФН ћелија које је могуће везати на ред по критеријуму да је могуће одржавање рада панела у тачки максималне снаге (MPP) (0,5п) Навести још две провере упарености карактеристика соларног претварача и стрингова панела. (0,5п)

6. Нацртати један нисконапонски вод на који су прикључена 4 идентична објекта. Растојање између објеката, као и између првог објекта и трансформаторске станице ТС је идентично (*L*). Подужни параметри вода износе *r* и *l*. Електрична потрошња у сваком од објеката је идентична и износи (*PO*, *QO*). На други објекат од ТС је постављен ФН систем, при чему он генерише активну снагу *PFN* и реактивну снагу, која је таква да је струја на излазу из инвертора једнака номиналној (линијској) струји инвертора *IInv*. Сматрати да су и активна и реактивна снага које генерише инвертор мање од потрошње у другом објекту. Написати систем једначина из кога се могу израчунати напони у чворовима и струје и деоницама вода у наведеној ситуацији, као и за случај да нестане генерисање енергије од стране ФН панела. Сматрати да је напон на нисконапонским трофазним сабирницама трансформатора крут и једнак *Un*. При писању једначина уважити промену напона дуж вода. Написати изразе за пад напона у сваком од чворова. Написати израз за укупну снагу којом се електрична енергија претвара у топлоту у електричним водовима. (1,5п)

7. Нацртати *common mode* еквивалентно коло за фотонапонски инвертор реализован без трансформатора као H-bridge топологија. (1п)

8. Објаснити шта узрокује појаву хармоника струје високих учестаности у једносмерном колу стрингова ФН панела који се преко инвертора прикључују на електро-дистрибутивну мрежу (0,5п). Због чега је потребно детектовати фреквентне опсеге у спектру струја у којима су ови хармоници значајни, у склопу алгоритма детекције редног електричног лука у једносмерном делу инсталација (стрингова соларних панела)? Скицирати спектар и објаснити како је спроведено дефинисање делова спектра који се искључују из сигнала који се обрађује у циљу детекције лука. (0,5п)

9. Описати *State flow* управљање као дела механизма управљања фотонапонских претварача. Очекивани обим текста одговора је пола стране. (1п)

10. Нацртати блок дијаграм алгоритма којим се решава проблем непознате периоде напона, а која је потребна при реализацији d-q PLL-а за монофазни претварач, и то за формирање сигнала у α-β систему. (1п)

11. Објаснити SFS - *Sandia Frequency Shifting* за детекцију испада мреже. Објашњење треба да садржи и приказ таласног облика сигнала и израз за промену параметра који се мења. (1п)

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

**Испит из предмета Пројектовање фотонапонских система**

*Испит траје максимално 150 минута* 21. 6. 2021.

*Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић*

1. Нацртати скицу из које се види да се у току године мења растојање између сунца и земље **(0,5 п)**. Нацртати скицу из које се види да се у току дана и године мења упадни угао директне компоненте сунчевог зрачења на површ земље, као и време изласка и заласка сунца **(0,5 п)**.

2. Описати конструкцију хибридних фотонапонских ћелија **(0,5 п)**. Која су два ефекта којима се повећава степен искоришћења соларне енергије која пада на површ панела у односу на класичне фотонапонске ћелије **(0,5 п)**?

3. Нацртати заменску шему ФН ћелије **(0,5 п)**. Користећи заменску шему фотонапонске ћелије, објаснити проблем до кога долази када једна од ћелија у стрингу улази у сенку **(0,5 п)**. Објаснити принцип рада обилазне (bypass) диоде и начин на који се решава претходно описани проблем **(0,5 п)**.

4. Полазећи од заменске шеме ФН ћелије и њених нелинеарних карактеристика, објаснити на који начин је, при постојећим амбијенталним условима, начину монтаже и фиксном положају панела, могуће утицати, односно повећати електричну енергију која се добија из панела **(0,5 п)**?

5. Описати феномен инверзне струје, због чега је он опасан, који је критеријум његове провере и које су техничке мере којима се елиминише опасност. **(1 п)**

6. Навести 6 каталошких карактеристика соларног инвертора које треба проверити током пројектовања соларног система (одабира броја и врсте панела, њиховог повезивања у стрингове и одабира инвертора) (свака карактеристика **0,25 п** – укупно **1,5 п**).

7. Нацртати *common mode* еквивалентно коло за фотонапонски инвертор реализован без трансформатора као H-bridge топологија. **(1 п)**

8. Објаснити шта узрокује појаву хармоника струје високих учестаности у једносмерном колу стрингова ФН панела који се преко инвертора прикључују на електро-дистрибутивну мрежу **(0,5 п)**. Због чега је потребно детектовати фреквентне опсеге у спектру струја у којима су ови хармоници значајни, у склопу алгоритма детекције редног електричног лука у једносмерном делу инсталација (стрингова соларних панела)? Скицирати спектар и објаснити како је спроведено дефинисање делова спектра који се искључују из сигнала који се обрађује у циљу детекције лука (**0,5 п**).

9. Објаснити принцип рада и могуће реализације на микроконтролеру "*Zero crossing PLL*" алгоритма. **(0,5 п)**.

10. Објаснити принцип рада методе активног помераја фреквенције за детекцију испада мреже. Објашњење треба да садржи и приказ таласног облика сигнала и израз за промену параметра који се мења **(1 п)**.

11. Навести зону опсега напона у функцији времена у којој се примењује LVRT (*Low Voltage Ride-Through*) управљање фотонапонским инвертором, односно инјектирање само реактивне снаге **(0,5 п)**. Који је критеријум да се управљање из LVRT врати на нормално **(0,5 п)**.

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

**Испит из предмета Пројектовање фотонапонских система**

*Испит траје максимално 150 минута* 12. 7. 2021.

*Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић*

1. Нацртати скицу из које се види да се у току године мења растојање између Сунца и Земље. **(0,5 п)** Нацртати скицу из које се види да се у току дана и године мења упадни угао директне компоненте сунчевог зрачења на површ земље, као и време изласка и заласка сунца. **(0,5 п)**

2. Због чега начин постављања панела (начин монтаже панела) утиче на доходовност соларног генератора? **(1 п)**

3. Нацртати струјно напонску карактеристику соларног панела за једну вредност ирадијансе и температуре пн споја и одредити две радне тачке које се успостављају при пуњењу акумулаторске батерије (индексом 1 означити стање мање, а индексом 2 стање веће напуњености батерије), при истој температури батерије. **(1 п)**

4. Дефинисати стандардне тест услове (STC) (**0,5 п**) и нормалну радну температуру (NOCT) ФН ћелије. (**0,5 п**)

5. Нацртати заменску шему ФН ћелије. (**0,5 п**) Објаснити проблем до кога долази када једна од ћелија у стрингу улази у сенку. (**0,5 п**)

6. Навести 6 каталошких карактеристика соларног инвертора које треба проверити током пројектовања соларног система (одабира броја и врсте панела, њиховог повезивања у стрингове и одабира инвертора). (свака карактеристика **0,25 п** – укупно **1,5 п**)

7. Написати неједнакост из које произилази закључак да не постоји опасност од превеликих вредности инверзне струје у случају да су паралелно везана два идентична стринга ФН панела. (**0,5 п**)

8. 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 п)**

9. Нацртати блок дијаграм алгоритма којим се решава проблем непознате периоде напона, а која је потребна при реализацији d-q PLL-а за монофазни претварач, и то за формирање сигнала у α-β систему. **(1 п)**

10. Објаснити принцип рада методе инкременталне кондуктансе за остваривање тачке максималне снаге. **(1 п)**

11. Објаснити методу скока фазе напона за детектовање испада мреже на коју је прикључен соларни инвертор. (**0,5 п**)

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

**Испит из предмета Пројектовање фотонапонских система**

*Испит траје максимално 150 минута* 26. 5. 2022.

*Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић*

1. Дати скицу на којој су приказани екстратерестичко зрачење сунца, интеракција зрака са елементима атмосфере (0,5п) и компоненте зрачења које стижу на површ тла (0,5п). Које појаве доводе до смањења енергије сунчевог зрачења које напушта атмосферу у односу на вредност енергије екстратерестичког зрачења (0,5п).

2. Дати скицу која објашњава да је смањење сунчеве енергије која пада на редове соларних панела који су поређани један иза другог различито за директну и дифузну компоненту сунчевог зрачења. (0,5п)

3. Нацртати струјно напонску карактеристику соларног панела за једну вредност ирадијансе и температуре пн споја и одредити две радне тачке које се успостављају при пуњењу акумулаторске батерије (индексом 1 означити стање мање, а индексом 2 стање веће напуњености батерије), при истој температури батерије. (1 п)

4. Дефинисати стандардне тест услове (STC) (0,5 п) и нормалну радну температуру (NOCT) ФН ћелије. (0,5 п)

5. За један соларни систем одабрани су тип соларних панела и соларни инвертор. Објаснити на који начин се одређује број панела за који се при дефинисаним атмосферским условима радна тачка може одржати у тачки максималне снаге (MPP). Сматрати да је доступан каталог соларних панела, који садржи све потребне податке везане за MPP соларних панела. Навести који каталошки податак инвертора је значајан и како се користи при провери могућности достизања MPP система. (1п)

6. Нацртати један нисконапонски вод на који су прикључена 4 идентична објекта. Растојање између објеката, као и између првог објекта и трансформаторске станице ТС је идентично (*L*). Подужни параметри вода износе *r* и *l*. Електрична потрошња у сваком од објеката је идентична и износи (*PO*, *QO*). На други објекат од ТС је постављен ФН систем, при чему он генерише активну снагу *PFN* и реактивну снагу, која је таква да је струја на излазу из инвертора једнака номиналној (линијској) струји инвертора *IInv*. Сматрати да су и активна и реактивна снага које генерише инвертор мање од потрошње у другом објекту. Написати систем једначина из кога се могу израчунати напони у чворовима и струје и деоницама вода у наведеној ситуацији, као и за случај да нестане генерисање енергије од стране ФН панела. Сматрати да је напон на нисконапонским трофазним сабирницама трансформатора крут и једнак *Un*. При писању једначина уважити промену напона дуж вода. Написати изразе за пад напона у сваком од чворова. Написати израз за укупну снагу којом се електрична енергија претвара у топлоту у електричним водовима. (1,5п)

7. Нацртати H-мостну топологију са DC/DC подизачем напона, која се користи за монофазни соларни инвертор. (0,5п)

8. Описати феномен инверзне струје, због чега је он опасан и које су техничке мере којима се спречавају његове опасне последице. (1п)

9. Нацртати *State flow* који генерише стање мрежног напона Voltage ok, када је напон у опсегу између минималног и максималног дозвољеног, и Voltage error, који се генерише ако је напон испод минимално дозвољеног или изнад максимално дозвољеног у трајању дужем од дефинисаног временског периода. (1п)

10. Објаснити суштинску разлику између контроле вршне вредности струје у току периоде одабирања дигиталног управљања у случајевима хистерезисног регулатора и регулатора заснованог на принципу контроле duty cycle-а. Нацртати скицу претварача као пригушнице на чију се једну страну доводи напон са соларних панела, а на другу страну мрежни напон и објаснити шта може да изазове појаву великих вршних вредности струја код примене контроле базиране на контроли duty cycle-а. (1п)

11. Нацртати блок дијаграм алгоритма којим се решава проблем непознате периоде напона, а која је потребна при реализацији d-q PLL-а за монофазни претварач, и то за формирање сигнала у α-β систему. (1п)

12. Нацртати заменску шему мреже на коју су прикључени пријемници електричне енергије и фотонапонски систем. Нацртати прекидач чијим се искључењем може променити стање система, са мрежног напајања, на напајање пријемника електричне енергије са соларних инвертора. Мрежу приказати преко еквивалентног Тевененовог генератора. (0.5п)

13. Објаснити појам LVRT (*Low Voltage Ride-Through*), односно како се управља фотонапонским инвертором како би се помогло одржавање напонске стабилности мреже у случају кратког споја и последичног пада напона и на местима у мрежи која нису у непосредној близини места квара (0,5 п).

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

**Испит из предмета Пројектовање фотонапонских система**

*Испит траје максимално 150 минута* 22. 6. 2022.

*Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић*

1. Написати израз, и дефинисати чланове у њему, за рефлектовану компоненту сунчевог зрачења које пада на површ једностраног соларног панела (0,5п). При ком нагибу панела према површи тла се има минимална, а при ком максимална вредност рефлектоване компоненте (0,5п). На који начин се може утицати на вредност ове компоненте, ако се пође од претпоставке да је нагиб панела фиксан, одређен на начин да се постигне максимална могућа укупна енергија соларног зрачења у току године (0,5п).

2. Дати скицу која објашњава да смањење директне компоненте сунчевог зрачења услед засенчења редова панела (почевши од другог) зависи од нагиба панела и растојања између редова соларних панела. (1п)

3. Нацртати струјно напонску карактеристику соларног панела за једну вредност ирадијансе и температуре пн споја и одредити две радне тачке које се успостављају при пуњењу акумулаторске батерије (индексом 1 означити стање мање, а индексом 2 стање веће напуњености батерије), при истој температури батерије. (1п)

4. Да ли, и због чега, код хибридних панела, фотонапонска енергија зависи од тога колико се снаге према околини преда са воде из размењивача топлоте у хибридном панелу? Сматрати да је разлика средње температуре воде у размењивачу топлоте и амбијенталног ваздуха сразмерна снази које се одводи у околину. (1п)

5. Да ли су, и због чега, битни процењени атмосферски услови (ирадијанса, температура амбијента и ветар) при провери упарености броја панела у стрингу и њиховог типа, са MPP опсегом напона инвертора? (1п)

6. Једна нисконапонска мрежа се напаја са нисконапонске стране трансформатора 10/0,4 kV. Дуж вода се налази *N* објеката у којима се налазе пријемници електричне енергије (*POi*, *QOi*), а на некима од њих и фотонапонски системи (активна снага генерисане електричне енергије *PFNi*), *i*= 1,*…,N*. Познате су дужине деоница каблова (*Li*) и подужни параметри вода (*r* и *l*). Написати израз за одређивање комплексне вредности разлике напона на местима у прикључака објеката *i*-1 и *i*; *i*≥ 1. (1п)

7. Нацртати полумостну топологију са DC/DC подизачем напона, која се користи за монофазни соларни инвертор. (0,5п)

8. Објаснити шта узрокује појаву хармоника струје високих учестаности у једносмерном колу стрингова ФН панела који се преко инвертора прикључују на електро-дистрибутивну мрежу (0,5п). Због чега је потребно детектовати фреквентне опсеге у спектру струја у којима су ови хармоници значајни, у склопу алгоритма детекције редног електричног лука у једносмерном делу инсталација (стрингова соларних панела)? Скицирати спектар и објаснити како је спроведено дефинисање делова спектра који се искључују из сигнала који се обрађује у циљу детекције лука. (0,5п)

9. Нацртати *State flow* који генерише стање мрежног напона Voltage ok, када је напон у опсегу између минималног и максималног дозвољеног, и Voltage error, који се генерише ако је напон испод минимално дозвољеног или изнад максимално дозвољеног у трајању дужем од дефинисаног временског периода. (1п)

10. Која су два основна принципа у погледу постављања ширине хистерезиса код примене хистерезисне контроле струје соларног инвертора прикљученог на електродистрибутивну мрежу? Која је разлика у ефекту примене ове две методе? (0,5п)

11. 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? (1п)

12. Навести четири величине које се могу користити за детекцију испада мреже користећи принцип пасивне детекције испада мреже. (1п)

13. 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 п).

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

**Испит из предмета Пројектовање фотонапонских система**

*Испит траје максимално 150 минута* 12. 7. 2022.

*Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић*

1. Написати израз, и дефинисати чланове у њему, за рефлектовану компоненту сунчевог зрачења које пада на површ једностраног соларног панела (0,5п). Да ли наведена компонента сунчевог зрачења зависи од тога да ли постоји један или више низова панела (одговор образложити (0,5п). При ком нагибу једног панела према површи тла се има минимална, а при ком максимална вредност рефлектоване компоненте (0,5п). На који начин се може утицати на вредност ове компоненте, ако се пође од претпоставке да је нагиб панела фиксан, одређен на начин да се постигне максимална могућа укупна енергија соларног зрачења у току године (0,5п).

2. Дефинисати величину “маса ваздуха“ (AM) и навести зашто је она битна при одређивању сунчевог зрачења које стиже на површ тла. (1п)

3. Нацртати струјно-напонску карактеристику соларног панела за једну вредност ирадијансе и температуре пн споја и две струјно-напонске карактеристике акумулаторске батерије (индексом 1 означити стање мање, а индексом 2 стање веће напуњености батерије). На графику приказати пресечне радне тачке које се успостављају при пуњењу. (1п)

4. Од које температуре зависи генерисана фотонапонска енергија (*ϑPVE*)? За размењивач топлоте хибридног соларног панела може се сматрати да је снага преноса топлоте ка води сразмерна разлици температуре *ϑPVE* и средње температуре воде у размењивачу топлоте. Написати изразе за снагу преноса топлоте ка води и везу ове снаге са температуром воде на изласку и уласку у резмењивач, из кога се види како се променом: а) температуре и б) протока воде на уласку у размењивач топлоте утиче на *ϑPVE*? (1п)

5. Нацртати еквивалентно коло ФН ћелије и означити њене елементе. На шеми приказати и by-pass диоду и навести када она почне да проводи и шта се тиме постиже. (1п)

6. Једна нисконапонска мрежа се напаја са нисконапонске стране трансформатора 10/0,4 kV. Дуж вода се налази *N* објеката у којима се налазе пријемници електричне енергије (*POi*, *QOi*), а на некима од њих и фотонапонски системи (активна снага генерисане електричне енергије *PFNi*), *i*= 1,*…,N*. Познате су дужине деоница каблова (*Li*) и подужни параметри вода (*r* и *l*). Написати израз за одређивање комплексне вредности разлике напона на местима у прикључака објеката *i*-1 и *i*; *i*≥ 1. (1п)

7. 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. (1п)

8. Објаснити шта узрокује појаву хармоника струје високих учестаности у једносмерном колу стрингова ФН панела који се преко инвертора прикључују на електро-дистрибутивну мрежу (0,5п). Због чега је потребно детектовати фреквентне опсеге у спектру струја у којима су ови хармоници значајни, у склопу алгоритма детекције редног електричног лука у једносмерном делу инсталација (стрингова соларних панела)? Скицирати спектар и објаснити како је спроведено дефинисање делова спектра који се искључују из сигнала који се обрађује у циљу детекције лука. (0,5п)

9. Нацртати *State flow* који генерише стање мрежног напона Voltage ok, када је напон у опсегу између минималног и максималног дозвољеног, и Voltage error, који се генерише ако је напон испод минимално дозвољеног или изнад максимално дозвољеног у трајању дужем од дефинисаног временског периода. (1п)

10. 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? У одговору на питање није потребно цртати цео блок дијаграм PLL алгоритма. (0,5п)

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

12. 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 п).

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

**Испит из предмета Пројектовање фотонапонских система**

*Испит траје максимално 150 минута* 27. 8. 2022.

*Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић*

1. Написати израз, и дефинисати чланове у њему, за рефлектовану компоненту сунчевог зрачења које пада на површ једностраног соларног панела (0,5п). При ком нагибу једног панела према површи тла се има минимална, а при ком максимална вредност рефлектоване компоненте уколико се један панел налази у слободном равном простору (0,5п)? На који начин се може утицати на вредност ове компоненте, ако се пође од претпоставке да је нагиб панела фиксан (0,5п)? Који је доминантан механизам преко кога положај и димензије околних зграда утичу на површинску густину сунчеве енергије која пада на површ панела (0,5п)?

2. Дефинисати стандардне тест услове (STC) (0,5 п) и нормалну радну температуру (NOCT) ФН ћелије. (0,5 п)

3. Приказати радне тачке (напон и струја) соларног панела при задатој ирадијанси и температури пн споја за три случаја: када је на панел прикључен: а) отпорник, б) крута једносмерна мрежа и в) акумулаторска батерија. Радне тачке је потребно приказати као пресек електричне карактеристике панела и прикључка. (1п)

4. Од које температуре зависи генерисана фотонапонска енергија (*ϑPVE*)? За размењивач топлоте хибридног соларног панела може се сматрати да је снага преноса топлоте ка води сразмерна разлици температуре *ϑPVE* и средње температуре воде у размењивачу топлоте. Написати изразе за снагу преноса топлоте ка води и везу ове снаге са температуром воде на изласку и уласку у резмењивач, из кога се види како се променом: а) температуре и б) протока воде на уласку у размењивач топлоте утиче на *ϑPVE*? (1п)

5. Нацртати еквивалентно коло ФН ћелије и означити њене елементе. Објаснити проблем до кога долази када једна од ФН ћелија у стрингу уђе у сенку. (1п)

6. Да ли је, и због чега, са становишта падова напона у мрежи битан распоред прикључења ФН система са инверторима на наизменичну мрежу? Одговор базирати на две варијанте: а) да је целокупна снага преко инвертора везана на НН сабирнице у трансформатора или б) да је прикључење исте укупне снаге панела дистрибуирано дуж НН вода са којих се напајају и пријемници електричне енергије у објектима (1п)

7. 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 буде негативан. (1п)

8. Нацртати *State flow* који генерише стање мрежног напона Voltage ok, када је напон у опсегу између минималног и максималног дозвољеног, и Voltage error, који се генерише ако је напон испод минимално дозвољеног или изнад максимално дозвољеног у трајању дужем од дефинисаног временског периода. (1п)

9. Чему служи PLL функција у склопу управљања соларним инвертором прикљученим на мрежу? (1п)

10. Објаснити P&O алгоритма који користи вредности мерења у три радне тачке да би се остварила тачка максималне снаге. (1п)

11. Навести зону опсега напона у функцији времена у којој се примењује LVRT (*Low Voltage Ride-Through*) управљање фотонапонским инвертором, односно инјектирање само реактивне снаге (0,5 п). Који је критеријум да се управљање из LVRT врати на нормално (0,5 п).

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

**Испит из предмета Пројектовање фотонапонских система**

*Испит траје максимално 150 минута* 17. 9. 2022.

*Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић*

1. Написати израз, и дефинисати чланове у њему, за рефлектовану компоненту сунчевог зрачења које пада на површ једностраног соларног панела постављеног у слободан простор (0,5п). При ком нагибу панела према површи тла се има минимална, а при ком максимална вредност рефлектоване компоненте која пада на површ панела (0,5п)? На који начин се може утицати на вредност ове компоненте, ако се пође од претпоставке да је нагиб панела фиксан (0,5п)? На коју компоненту сунчевог зрачења које пада на површ панела највише утичу положај и димензије околних зграда (0,5п)?

2. Дефинисати стандардне тест услове (STC) (0,5 п) и нормалну радну температуру (NOCT) ФН ћелије (0,5 п). Који амбијентални услови утичу на доходовност соларних панела (0,5п)? На примеру да се може мењати вредност електричног отпора прикљученог на крајеве панела, објаснити како се при различитим ирадијасама може остварити највећа снага загревања помоћу отпорника (0,5п).

3. Посматрајмо један хибридни фотонапонски панел, који са доње стране панела има уграђене цеви кроз које протиче вода. За размењивач топлоте хибридног соларног панела може се сматрати да је снага преноса топлоте ка води сразмерна разлици температуре pn споја *ϑPVE* и средње температуре воде у размењивачу топлоте. Написати изразе из којих се види како се променом температуре воде на уласку у резмењивач и променом протока воде мења снага преноса топлоте на воду при фиксној температури *ϑPVE*? (1п)

4. Нацртати еквивалентно коло ФН ћелије и означити њене елементе. Објаснити проблем до кога долази када једна од ФН ћелија у стрингу уђе у сенку. (1п)

5. Дати математички исказ из кога се види да ли је, и због чега, са становишта промене напона у мрежи битан фактор снаге који карактерише енергију коју инвертор ФН система инјектује у мрежу? Одговор базирати на варијанти да постоји један инвертор и да је он прикључен на крај електроенергетског вода познатих параметара. На вод су прикључени дистрибуирани пријемници електричне енергије у објектима. Познате су локације прикљулака објеката на вод и њихове комплексне снаге. Исто важи и за позицију инвертора и његову привидну снагу. (1п)

6. Навести варијанте (без објашњавања детаља) трофазног регулатора струје ка мрежи, и то: а) три варијанте за случај регулатора заснованог на принципу контроле duty cycle-а и б) две варијанте хистерезисног регулатора. (1п)

7. 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? (1п)

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

9. Објаснити појам LVRT (*Low Voltage Ride-Through*) управљања фотонапонским инвертором, када се у њега улази и на која два начина се из овог мода рада излази. (1 п)

10. Објаснити шта узрокује појаву хармоника струје високих учестаности у једносмерном колу стрингова ФН панела који се преко инвертора прикључују на електро-дистрибутивну мрежу (0,5п). Скицирати спектар и објаснити како је спроведено дефинисање делова спектра који се искључују из сигнала који се обрађује у циљу детекције лука. Због чега се ово ради? (0,5п)

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

**Испит из предмета Пројектовање фотонапонских система**

*Испит траје максимално 150 минута* 20. 2. 2023.

*Предметни наставник: Проф. др Зоран Радаковић*

1. Написати израз, и дефинисати чланове у њему, за рефлектовану компоненту сунчевог зрачења које пада на површ једностраног соларног панела постављеног у слободан простор (0,5п). При ком нагибу панела према површи тла се има минимална, а при ком максимална вредност рефлектоване компоненте која пада на површ панела (0,5п)? На који начин се може утицати на вредност ове компоненте, ако се пође од претпоставке да је нагиб панела фиксан (0,5п)? На коју компоненту сунчевог зрачења које пада на површ панела највише утичу положај и димензије околних зграда (0,5п)?

2. Дефинисати стандардне тест услове (STC) (0,5 п) и нормалну радну температуру (NOCT) ФН ћелије (0,5 п). Који амбијентални услови утичу на доходовност соларних панела (0,5п)? На примеру да је на ФН панел прикључено отпорно оптерећење, објаснити како се при различитим ирадијасама може остварити највећа снага загревања отпорника чија се отпорност може мењати (0,5п).

3. Нацртати еквивалентно електрично коло хибридне ФН ћелије и означити њене елементе (0,5п). Због чега би нарушавање вредности протока или висока температура воде на уласку у размењивач топлоте хибридне ФН ћелије довели до смањења генерисане електричне енергије (0,5п)?

4. Нацртати *State flow* који генерише стање мрежног напона Voltage ok, када је напон у опсегу између минималног и максималног дозвољеног, и Voltage error, који се генерише ако је напон испод минимално дозвољеног или изнад максимално дозвољеног у трајању дужем од дефинисаног временског периода (1п).

6. Нацртати *common mode* еквивалентно коло за фотонапонски инвертор реализован као H-bridge топологија без трансформатора (1п).

7. Трофазни ФН систем је прикључен на исте сабирнице као и пријемници електричне енергије (*Popt*) у једној кући. У нормалном раду сабирнице се напајају и са електродистрибутивне мреже номиналног напона *U*. Колико износи промена напона када дође до испада мреже, а ФН систем настави да генерише енергију истом снагом као пре испада мреже (*PFN*) (1п)?

8. Описати принцип рада методе импулса струје кратког споја за постизање тачке максималне снаге фотонапонског система (1п).

9. Објаснити појам LVRT (*Low Voltage Ride-Through*) управљања фотонапонским инвертором, када се у њега улази и на која два начина се из овог мода рада излази (1 п).

10. Објаснити шта узрокује појаву хармоника струје високих учестаности у једносмерном колу стрингова ФН панела који се преко инвертора прикључују на електро-дистрибутивну мрежу (0,5п). Скицирати спектар и објаснити како је спроведено дефинисање делова спектра који се искључују из сигнала који се обрађује у циљу детекције лука. Због чега се ово ради? (0,5п)