

1.

Специфични отпор трења у лежајевима.

Приказати механички карактеристику МЈСС са независном побудом, као и карактеристику МЈСС са редном побудом. Означити карактеристичне тачке и нагибе на овим карактеристикама и изразити их у функцији параметара и услова напајања. Објаснити зашто су се код првих електричних возила користили мотори са редном побудом.

За путнички воз који користи магнетску левитацију предложити и дискутовати могућа техничка решења за напајање воза енергијом потребном за вучу.

\*\*\*\*\*

2.

Специфични отпор услед котрљања.

Приказати електричну шему једноквадрантног вучног чопера спуштача напона са идеализованим прекидачима. Приказати облике улазне, излазне струје, излазног напона као и струје прекидача и диоде. Дефинисати индекс модулације. У функцији индекса модулације, одредити средњу вредност излазног напона као и амплитуду валовитости излазне струје.

Објаснити и дискутовати серијски хибридни аутомобил.

\*\*\*\*\*

3.

Специфични отпор кретању на успону/паду.

Електрично возило се покреће независно побуђеним МЈСС. Возило треба да обави кретања у оба смера, уз развијање покретачке силе и силе кочења у оба смера. Нацртати упрошћени путни дијаграм који приказује промену брзине (EMS) и момента ( $I_a$ ) код вожње од тачке А до тачке Б и назад, која укључује фазу убрзања до путне брзине, вожњу путном брзином на релацији АБ, електрично кочење до заустављања у тачки Б, праћен, након краће паузе, повратком из тачке Б у тачку А на начин сличан описаном. У приказаном путном дијаграму указати на рад у 4 различита квадранта. За уочене интервале, означити смерове струје и напона мотора. Дати електричну шему (четвороквадрантног) вучног чопера који може напајати мотор у обављању описане вожње. Назначити у ком делу путног дијаграма проводе индивидуални транзистори и диоде.

Објаснити и дискутовати паралелни хибридни аутомобил.

\*\*\*\*\*

4.

Специфични инерцијални отпор кретању.

Познат је пад напона на диодама и транзисторима у вучном чоперу. Одредити зависност излазног напона од индекса модулације и смера струје.

Објаснити и дискутовати систем са рекулацију енергије кочења који се уграђује у возила са ендотермичким моторима (KERS)

\*\*\*\*\*

5.

Написати општу једначину вуче у железничарским јединицама ( $[kp]$ ,  $[t]$ ,  $[m/s]$ ) и објаснити све њене компоненте.

Дефинисати улогу улазног LC филтра транзисторског вучног чопера. За претпостављену снагу, напон контактнoг вода, комутациону учестаност, као и максималну дозвољену валовитост струје у контактном воду дати оријентационе вредности елемената филтра које омогућују да он успешно обавља своју функцију.

Уз претпоставку да је број ZEV електричних возила (покретаних искључиво енергијом из батерије) јако увећан, размотрити и дискутовати проблеме градње станица за пуњење. Претпоставити да у систему постоји и значајан број ветроелектрана и соларних електрана.

\*\*\*\*\*

6.

Атхезија

Возило са рекуперативним вучним чопером вози на низбрдици и остварује електрично, рекуперативно кочење. Шта бива са енергијом коју возило саопштава контактнoј мрежи? У случајевима када мрежа није рецептивна, постоји ли ризик од превеликог напона на контактном воду, и како до тога долази? Како треба модификовати шему вучног претварача да се вишак енергије кочења дисипира?

Описати и дискутовати губитке снаге у транзисторским вучним претварачима.

\*\*\*\*\*

7.

Која од следећих возила: (теретна железница, путнички воз, трамвај, аутомобил) има најмање а која највеће отпоре кретању. Дати разлоге и објашњење за дати одговор.

Вучни МЈСС са независном побудом напаја се из једноквадрантног транзисторског вучног чопера који омогућује континуално подешавање напона на арматурном намотају. Побудну струју је могуће подесити независно од арматурног напона. Како дефинишемо номинални флуks, номиналну брзину обртања и номиналну струју? Како треба одредити побудни флуks код брзина мањих од номиналне и зашто? Како се одређује побудни флуks при брзинама већим од номиналне?

Описати и дискутовати губитке снаге у вучним моторима.

\*\*\*\*\*

8.

За возило познате масе, са погонским точковима, преносним механизмом и мотором познатих параметара, извести динамички модел у коме је управљачка променљива покретачки момент мотора, поремећај дат као збир свих отпора кретања, док је променљива стања брзина кретања возила. Дефинисати коефицијент корекције услед обртних маса.

Нацртати електричну шему диодне локомотиве система 25 kV 50 Hz. Приказати место и описати улогу и карактеристике пантографа, главног прекидача, осигурача, градуатора, трансформатора, исправљача, моторне пригушнице, мотора. Објаснити како се, у моторном раду, регулише вучна сила, како се реализује слабљење поља и како се остварује електрично кочење.

Објаснити у чему се вучни асинхрони мотор разликује од мотора начињеног за прикључење на градску мрежу.

\*\*\*\*\*

9.

Имајући у виду адхезионо ограничење, и полазећи од опште једначине вуче у железничарским јединицама, одредити максимално убрзање, максималну снагу и максимални успон једне типичне железничарске композиције.

Диодна локомотива ради у моторном раду. Отпорници за слабљење поља нису укључени. Приказати фамилију F-v карактеристика које се добијају варијацијом степена градуатора. Дати изразе који повезују струју моторне пригушнице и силу. Одредити нагиб карактеристике F-v у функцији параметара трансформатора, контактне мреже, мотора и преносника.

Објаснити потребу да се у возила са ендотермичким мотором уграђују преносници са варијабилним степеном преноса.

\*\*\*\*\*

10.

Остваривање вучне силе уз помоћ линеарних мотора

Дати оријентационе вредности подужне импедансе контактне вода система 25 kV 50 Hz. Одредити како се мења напон на пантографу у функцији растојања од подстанице. Сматрати да су напон подстанице, вучна снага локомотиве и реактансе трансформатора познате.

Објаснити утицај индуктивности намотаја на експлоатационе карактеристике вучног погона са асинхроним мотором.

\*\*\*\*\*

11.

Ослањање на подлогу возила која не поседују точкове

Нацртати електричну шему тиристорске локомотиве система 25 kV 50 Hz. Приказати место и описати улогу и карактеристике пантографа, главног прекидача, осигурача, градуатора, трансформатора, исправљача, моторне пригушнице, мотора. Објаснити које могућности за регулацију вучне силе постоје у моторном раду (тј. идентификовати управљачке величине које утичу на рад локомотиве).

Објаснити утицај индуктивности намотаја на експлоатационе карактеристике вучног погона са синхроним мотором.

\*\*\*\*\*

12.

Повремени отпори кретања

Објаснити начин и место мешовите регулације. Извести релевантне изразе и описати како се изводи мешовита регулација код тиристорске локомотиве.

Дискутовати избор између друмског и шинског превоза у пројектима проширења траса градског саобраћаја.

\*\*\*\*\*

13.

Начини кочења возила.

Приказати електричну шему тиристорске локомотиве у режиму рекуперативног кочења. Извести израз за средњу вредност амперне струје у функцији угла паљења и брзине кретања. Објаснити начине на које се може управљати силом кочења.

Дискутовати карактеристике сталних магнета и навести начине и ситуације у којима може доћи до њиховог оштећења у оквиру електричних возила.

\*\*\*\*\*

14.

Улога преносника између вучног мотора и погонских вратила

Дати оријентациону вредност максималног угла паљења који се може применити код тиристорске локомотиве у режиму рекуперативног кочења. Шта ће се догодити у случају да се примени угао паљења већи од дозвољеног? Које величине и параметри утичу на максималну вредност угла који се може применити?

Навести и дискутовати проблеме у експлоатацији синхроних вучних мотора са сталним магнетима и са врло малом индуктивношћу. Дискутовати мере за решавање наведених проблема.

\*\*\*\*\*

15.

Систем за напајање воза једносмерним напоном од 1500 V. Подстанице, растојања међу њима, оријентационе вредности струја, снага, попречног пресека проводника.

Објаснити потребу да се код паралелног повезивања амперних намотаја вучних МЈСС морају применити серијске импедансе, повезане на ред са сваким амперним намотајем. Како се одређује вредност ове импедансе?

Дискутовати разлике у параметрима заменске шеме обртних и линеарних асинхроних машина.

\*\*\*\*\*

16.

Систем за напајање воза наизменичним напонам од 15000 V 16 2/3 Hz. Подстанице, растојања међу њима, оријентационе вредности струја, снага, попречног пресека проводника.

Дефинисати напонски извор потребан за напајање вучних мотора наизменичне струје. Као пример вучног МНС, усвојити асинхрони мотор који ради са константним флуksom, или синхрони вучни мотор са перманентном побудом. Одредити какве напоне треба доводити на прикључке мотора, и назначити како доведени напон треба мењати при промени брзине.

Дати и дискутовати идејна решења за ослањање возила на подлогу путем левитације.

\*\*\*\*\*

17.

Систем за напајање воза наизменичним напонам од 25000 V 50 Hz. Подстанице, растојања међу њима, оријентационе вредности струја, снага, попречног пресека проводника.

Нацртати електричну шему трофазног транзисторског вучног претварача који се напаја једносмерним напонам из контактнoг вода. На који начин се обезбеђује наизменични линијски напон варијабилне учестаности и амплитуде, потребан за напајање мотора? Какав облик има фазна струја?

У кратким цртама описати историјат и развој система за напајање шинских возила.

\*\*\*\*\*

18.

Објаснити везу између величине трансформатора и његове снаге. Објаснити везу између снаге и момента вучног мотора и његове величине.

За асинхрони мотор напајан из трофазног транзисторског инвертора дати процену валовитости струје у функцији комутационе учестаности, напона напајања и реактансе расипања мотора.

Описати и дискутовати рад локомотива са колекторким мотором.

\*\*\*\*\*

19.

Навести оријентационе тежине локомотиве, железничког вагона, камиона, аутобуса, путничког аутомобила.

Посматрати електричну шему трофазног транзисторског вучног претварача који се напаја једносмерним напонам из контактнoг вода. Може ли овакав претварач напајати мотор у режиму рекуперативног кочења? Посматрати случај описан у претходном питању. У случају да контактни вод не може да прихвати снагу кочења, шта се догађа са напонам? На који начин треба модификовати претварач како би се ризици од оштећења компоненти при кочењу отклонили?

Дискутовати кључне разлике у вучној сили, потребној снази и енергији између друмског и шинског саобраћаја.

\*\*\*\*\*

20.

Нацртати типични путни дијаграм који приказује брзину, силу, убрзање, моменат, струју и снагу током вожње из мировања у месту А до мировања у месту Б седам / карактеристичних фаза.

Посматрати електричну шему трофазног транзисторског вучног претварача који се напаја једносмерним напоном из тракционе батерије. Одредити највећу ефективну вредност линијског напона који се може остварити при датом напону батерије.

Током вожње путном брзином, у вучном погону са синхроним мотором долази до прекида проводника једне фазе. Дискутовати могућност наставка вожње.

\*\*\*\*\*

21.

На дијаграму моменат-брзина обртања приказати и објаснити утицај серијског отпорника и отпорника за слабење поља на механичку карактеристику редног мотора за једносмерну струју.

Посматрати електричну шему трофазног транзисторског вучног претварача који се напаја једносмерним напоном из тракционе батерије. Претварач напаја асинхронни вучни мотор. Одредити и нацртати транзијентну карактеристику вучног погона (зависност највећег момента који је на располагању у краћим временским интервалима од брзине обртања, тј. од учестаности напајања) која се има при номиналном напону батерије. Све параметре сматрати познатим, усвојити све разумне апроксимације и занемарења.

Током вожње путном брзином, у вучном погону са асинхроним мотором долази до прекида проводника једне фазе. Дискутовати могућност наставка вожње.

\*\*\*\*\*

22.

Навести и објаснити недостатке реостатске контроле вучне силе.

Посматрати електричну шему трофазног транзисторског вучног претварача који се напаја једносмерним напоном из тракционе батерије. Претварач напаја синхронни вучни мотор који на ротору има сталне магнете уграђене на површини ротора. Одредити и нацртати транзијентну карактеристику вучног погона (зависност највећег момента који је на располагању у краћим временским интервалима од брзине обртања, тј. од учестаности напајања) која се има при номиналном напону батерије. Све параметре сматрати познатим, усвојити све разумне апроксимације и занемарења.

Дати типичну тежину једнофазне локомотиве и типичну масу теретне композиције. Дати и образложити пут који композиција пређе током заустављања почевши од брзине  $v = 80 \text{ km/h}$ .

\*\*\*\*\*

23.

Навести и објаснити разлоге за избор напона на контактном воду од 25 kV.

Нацртати електричну шему и објаснити рад седмофазног транзисторског вучног инвертора који напаја седмофазни мотор за наизменичну струју. Навести предности и мане у односу на трофазни случај.

Дати типичну снагу једнофазне локомотиве и типичну масу теретне композиције. Дати и образложити процену времена које је потребно да се композиција залети до брзине од 80 km/h.

\*\*\*\*\*

24.

Описати и објаснити рад подстанице која даје напон 15 kV 16 2/3 Hz.

Навести и објаснити предности и мане асинхроних и синхроних вучних мотора.

Навести оријентациону снагу и струју локомотиве система 25 kV и на основу тога проценити највеће растојање између две подстанице.

\*\*\*\*\*

25.

Дати образложену процену - колико би стандардних акумулаторских батерија 12 V 60 Ah било потребно да се обави вожња просечним путничким аутомобилом на растојању од 60 km?

Објаснити проблеме конструкције линеарних мотора и објаснити која врста електричне машине је најпогоднија за реализацију линеарног мотора.

Скицирати шему и објаснити рад подстанице која напаја контактни вод напоном 25 kV.

\*\*\*\*\*

## ОЛД

Ставке поред којих стоји квалификација *опционо* не могу се појавити као питање на колоквијуму.

1. Питање:

Приказати механичку карактеристику МЈСС са независном побудом, као и карактеристику МЈСС са редном побудом. Означити карактеристичне тачке и нагибе на овим карактеристикама и изразити их у функцији параметара и услова напајања. Објаснити зашто су се код првих електричних возила користили мотори са редном побудом.

2. Питање:

Нацртати електричну шему система за напајање воза једносмерним напоном од 1500 V. Приказати подстанице, оценити растојање међу њима, дати оријентационе вредности струја, снага, попречног пресека проводника. Приказати основне елементе електричне шеме локомотиве.

3. Питање:

Нацртати електричну шему система за напајање воза наизменичним напоном од 15000 V 16 2/3 Hz. Приказати шему подстаница, оценити растојање међу њима, дати оријентационе вредности струја, снага, попречног пресека проводника. Приказати основне елементе електричне шеме локомотиве. Објаснити начин на који се може регулисати вучна сила. Објаснити који технички и економски разлози доводе до избора амплитуде и учестаности напона на контактном воду.

4. Питање:

Објаснити везу између величине трансформатора и његове снаге. Објаснити везу између снаге и момента вучног мотора и његове величине.

5. Питање:

За возило познате масе, са погонским точковима, преносним механизмом и мотором познатих параметара, извести динамички модел у коме је управљачка променљива покретачки момент мотора, поремећај дат као збир свих отпора кретања, док је променљива стања брзина кретања возила. Дефинисати коефицијент корекције услед обртних маса.

6. Питање:

Написати општу једначину вуче у железничарским јединицама ([kp], [t], [m/s]) и објаснити све њене компоненте.

7. Питање:

Извести израз за специфични отпор трења у лежајевима.

8. Питање:

Извести израз за специфични отпор услед котрљања.

9. Питање:

Извести израз за специфични отпор кретању на успону/паду.

10. Питање:

Извести израз за специфични инерцијални отпор кретању.

11. Питање:

Која од следећих возила: (теретна железница, путнички воз, трамвај, аутомобил) има најмање а која највеће отпоре кретању. Дати разлоге и објашњење за дати одговор.



12. Питање:

Нацртати адхезиону криву. Објаснити које величине се налазе на ординати и апсциси. Одредити величину на апсциси у функцији брзине мотора и возила. Дефинисати адхезиони коефицијент. Које су практичне вредности овог коефицијента.

13. Питање: **опционо**

Дефинисати две области на адхезионој кривој. Образложити на који начин се у једној и другој зони остварује вучна сила, и у којим деловима криве се може допустити трајни рад.

14. Питање: **опционо**

Описати и приказати како се механичка карактеристика пројектује на адхезиону криву. Одабрати један вучни погон који има меку механичку карактеристику, и погон који има тврду карактеристику. За оба, исказати стрмину и пројектовати механичку карактеристику на адхезиону криву. Описати и објаснити појаве и динамику стабилног и нестабилног проклизавања.

15. Питање: **опционо**

Објаснити и образложити утицај електричних величина, као што је еквивалентна импеданса вучног претварача, параметри мотора, начин регулације вучне силе; као и не-електричних величина, међу којима је стање шина, варијација осовинског притиска, (висина квачила), на искоришћење адхезије.

16. Питање: **опционо**

Исказати зависност коефицијента адхезије од брзине кретања. Имајући у виду адхезионо ограничење, и полазећи од опште једначине вуче у железничарским јединицама, одредити максимално убрзање, максималну снагу и максимални успон једне типичне железничарске композиције.

17. Питање:

На дијаграму који на апсциси има време вожње возила са независно побуђеним МЈСС, а на ординати вучну силу, струју мотора, снагу и брзину обртања, приказати и објаснити седам карактеристичних фаза путног дијаграма.

18. Питање:

Манипулационо возило / виљушкар / се покреће уз помоћ независно побуђеног МЈСС који има губитке у арматурном намотају док се остали губици могу занемарити. Током кретања постоји само инерциони отпор. Претпостављајући да је профил брзине трапезног облика, као и то да у датом временском интервалу  $T$  треба прећи задати пут  $L$ , одредити оптималну промену брзине, која резултује минималним утрошком енергије.

19. Питање:

Нацртати механичку карактеристику редног мотора ЈСС. Дати израз за момент у зони засићења, као и израз за момент у случају да је магнетско коло линеарно. Дискутовати пресек карактеристике са ординатом и апсцисом.

20. Питање:

Нацртати фамилију механичких карактеристика МЈСС са редном побудом и са варијабилним серијским отпором. Нацртати фамилију механичких карактеристика МЈСС са редном побудом и са варијабилном отпором прикљученим паралелно побудном намотају.

21. Питање:

МЈСС са редном побудом оптерећен је моментом који се не мења код промене брзине. Позната је брзина, момент и струја и полазном радном режиму. Паралелно побудном намотају прикључи се отпорник за шантирање поља, једнак термогеној отпорности побудног намотаја. Одредити брзину, снагу, момент и струју у стационарном стању које се успоставља након прикључења отпора.

22. Питање: **опционо**

Дати електричну шему возила са редно побуђеним МЈСС и реостатском контролом вучне силе. Приказати резултујућу фамилију карактеристика на  $F-v$  дијаграму. За случај када возило убрзава у условима када се отпори кретања не мењају, при чему возач постепено искључује сегменте серијског отпора, смањујући његову

вредност, приказати временску промену вучне силе од тренутка поласка, преко достизања природне карактеристике, до достизања максималне брзине кретања у режиму слабљења поља.

23. Питање: **опционо**

Возило погоњено независно побуђеним МЈСС, познате масе, има занемариве отпоре кретању и залеће се са константним убрзањем. Мотор се напаја из извора константног напона, преко варијабилног отпора који омогућује да се арматурна струја подеси тако да се убрзање не мења. Арматурни отпор се може занемарити, као и индуктивност арматуре. До које брзине ће се возило залетети? Одредити износ енергије која се на отпорнику за пуштање у рад претвори у топлоту у фази залетања. Одредити кинетичку енергију возила након залетања. Одредити укупну утрошену енергију узету из извора. Упоредити поменуте три величине.

24. Питање:

Приказати шему везе МЈСС са независном побудом у фази динамичког кочења. Конструисати резултујућу механичку карактеристику. Дискутовати поље примене оваквог кочења, техноекономске аспекте и енергетски биланс. (**опционо**: Дискутовати избор отпорника за кочење у случају да су интервали кочења кратки и раздвојени дугим паузама)

25. Питање: **Опционо**

Приказати шему везе МЈСС са редном побудом у фази противструјног кочења. Конструисати резултујућу механичку карактеристику. Дискутовати поље примене оваквог кочења, техноекономске аспекте и енергетски биланс.

26. Питање: **опционо**

Приказати шему везе МЈСС са редном побудом у фази рекуперативног кочења. Анализирати прелазне појаве у колу и одредити режиме у којима је овакво кочење стабилно. Дискутовати поље примене оваквог кочења.

27. Питање: **Опционо**

Посматрајући редни МЈСС са отпорником за шантирање поља на возилу напајаном из контактне вода, где напон  $U_{kv}$  може искусити нагле скокове  $\Delta U$ , и где постоји тежња да резултујући удари струје буду што мањи, дефинисати начин на који треба конструисати шант како би се назначени циљ постигао.

28. **ОПЦИОНО**:

За моторна кола подземне железнице која се покреће помоћу реостатски контролисаних редних МЈСС, дати оријентационе податке за биланс снаге (удео губитака у подстаници, у контактном воду, у мотору, у регулационим отпорницима, енергије утрошене за грејање и климатизацију, као и енергије утрошене за савладавање отпора кретању у укупном утрошку електричне енергије).

29. Питање:

Приказати електричну шему једноквадрантног вучног чопера спуштача напона са идеализованим прекидачима. Приказати облике улазне, излазне струје, излазног напона као и струје прекидача и диоде. Дефинисати индекс модулације. У функцији индекса модулације, одредити средњу вредност излазног напона као и амплитуду валовитости излазне струје.

30. Питање:

Двоквадрантни вучни чопер напаја мотор ЈСС са независном побудом који развија негативан – кочни момент и има електромоторну силу једнаку  $0.5 U_{kv}$ . Чопер обезбеђује рекулацију као и моторни рад. Нацртати електричну шему овог вучног чопера и одредити који полупроводници снаге проводе у поменутом радном режиму. Одредити облик струје транзистора, диода, улазне струје, арматурне струје, као и облик излазног напона. У функцији индекса модулације, одредити средњу напона на мотору као и амплитуду валовитости арматурне струје.

31. Питање:

Електрично возило се покреће независно побуђеним МЈСС. Возило треба да обави кретања у оба смера, уз развијање покретачке силе и силе кочења у оба смера. Нацртати упрошћени путни дијаграм који приказује промену брзине (EMS) и момента ( $I_a$ ) код вожње од тачке А до тачке Б и назад, која укључује фазу убрзања до путне брзине, вожњу путном брзином на релацији АБ, електрично кочење до заустављања у тачки Б, праћен,

након краће паузе, повратком из тачке Б у тачку А на начин сличан описаном. У приказаном путном дијаграму указати на рад у 4 различита квадранта. За уочене интервале, означити смерове струје и напона мотора. Дати електричну шему (четвороквадрантног) вучног чопера који може напајати мотор у обављању описане вожње. Назначити у ком делу путног дијаграма проводе индивидуални транзистори и диоде.

32. Питање:

Двоквадрантни вучни чопер напаја мотор ЈСС са независном побудом који развија позитиван – моторни момент. и има електромоторну силу једнаку  $0.5 U_{kv}$ . Чопер обезбеђује рекулацију као и моторни рад. Нацртати електричну шему овог вучног чопера и одредити који полупроводници снаге проводе у поменутом радном режиму. Одредити облик струје транзистора, диода, улазне струје, арматурне струје, као и облик излазног напона. У функцији индекса модулације, одредити средњу напона на мотору као и амплитуду валовитости арматурне струје.

33. Питање:

Познат је пад напона на диодама и транзисторима у вучном чоперу. Одредити зависност излазног напона од индекса модулације, смера струје (опционо: и од мртвог времена).

34. Питање: **опционо**

Дефинисати улогу улазног LC филтра транзисторског вучног чопера. За претпостављену снагу, напон контактне вода и комутациону учестаност, дати оријентационе вредности елемената филтра које омогућују да он успешно обавља своју функцију. Помоћ: резонантна учестаност филтра зависи од производа LC. Она мора бити десетак пута мања од комутационе, како би се имало слабљење чоперске учестаности од око 100 пута. Карактеристична импеданса филтра  $\sqrt{L/C}$  мора бити самерљива (реда величине) односу  $U/I$ .

35. Питање:

Возило са рекуперативним вучним чопером вози на низбрдици и остварује електрично, рекуперативно кочење. Шта бива са енергијом коју возило саопштава контактної мрежи? У случајевима када мрежа није рецептивна, постоји ли ризик од превеликог напона на контактном воду, и како до тога долази? Како треба модификовати шему вучног претварача да се вишак енергије кочења дисипира?

36. Питање:

Вучни МЈСС са независном побудом напаја се из једноквадрантног транзисторског вучног чопера који омогућује континуално подешавање напона на арматурном намотају. Побудну струју је могуће подесити независно од арматурног напона. Како дефинишемо номинални флуks, номиналну брзину обртања и номиналну струју? Како треба одредити побудни флуks код брзина мањих од номиналне и зашто? Како се одређује побудни флуks при брзинама већим од номиналне? Имајући у виду добијени начин за управљање флуksом, нацртати дијаграм зависности флуksа од брзине обртања, као и дијаграме зависности момента и снаге који су расположиви у трајном раду.

37. **ОПЦИОНО,**

За моторна кола подземне железнице која се покреће помоћу чоперски контролисаних мотора МЈСС, дати оријентационе податке за биланс снаге (удео губитака у подстаници, у контактном воду, у мотору, у регулационим отпорницима, енергије утрошене за грејање и климатизацију, као и енергије утрошене за савладавање отпора кретању у укупном утрошку електричне енергије).

38. Питање:

Нацртати електричну шему монофазно напајаног диодног исправљача са 4 диоде, напајаног из идеалног напонског извора преко реактансе  $X = L \omega$  која се налази у наизменичном колу. Исправљач је оптерећен струјним понором. Известити и нацртати облик исправљеног напона као и облик струје у наизменичном колу, узимајући при томе у обзир процес комутације. Израчунати средњу вредност исправљеног напона у функцији струје оптерећења.

39. Питање:

Нацртати електричну шему диодне локомотиве система 25 kV 50 Hz. Приказати место и описати улогу и карактеристике пантографа, главног прекидача, осигурача, градуатора, трансформатора, исправљача, моторне пригушнице, мотора. Објаснити како се, у моторном раду, регулише вучна сила, како се реализује слабљење поља и како се остварује електрично кочење.

40. Питање: **Опционо**

Објаснити потребу да се полупроводничке диоде повезују редно и паралелно. Које додатне пасивне елементе (R, L, C) треба користити при овом спрезању, из којих разлога, и на који начин се одређују оријентационе вредности ових компоненти.

41. Питање:

Диодна локомотива ради у моторном раду. Отпорници за слабљење поља нису укључени. Приказати фамилију F-v карактеристика које се добијају варијацијом степена градуатора. Дати изразе који повезују струју моторне пригушнице и силу. Одредити нагиб карактеристике F-v у функцији параметара трансформатора, контактне мреже, мотора и преносника.

42. Питање: **опционо**

Дати оријентационе вредности подужне импедансе контактне вода система 25 kV 50 Hz. Одредити како се мења напон на пантографу у функцији растојања од подстаннице. Сматрати да су напон подстаннице, вучна снага локомотиве и реактансе трансформатора познате.

43. Питање: **Опционо**

Објаснити на које се начине може остварити електрично кочење код диодне локомотиве. Које F-v карактеристике се добијају овим врстама кочења? У којим условима и ком трајању се поједини начини електричног кочења диодне локомотиве могу остварити?

44. Питање:

Нацртати електричну шему монофазно напајаног пуноуправљивог тиристорског исправљача са 4 тиристора која се симетрично окидају, напајаног из идеалног напонског извора преко реактансе  $X = L \omega$  која се налази у наизменичном колу. Исправљач је оптерећен струјним понором. Известити и нацртати облик исправљеног напона као и облик струје у наизменичном колу, узимајући при томе у обзир процес комутације. Израчунати средњу вредност исправљеног напона у функцији струје оптерећења и угла паљења. Израчунати привидну, активну и реактивну снагу извора наизменичног напона.

45. Питање:

Нацртати електричну шему монофазно напајаног полу-управљивог тиристорског исправљача са 2 тиристора и 2 диоде, напајаног из идеалног напонског извора преко реактансе  $X = L \omega$  која се налази у наизменичном колу. Исправљач је оптерећен струјним понором. Известити и нацртати облик исправљеног напона као и облик струје у наизменичном колу, узимајући при томе у обзир процес комутације. Израчунати средњу вредност исправљеног напона у функцији струје оптерећења и угла паљења. Израчунати привидну, активну и реактивну снагу извора наизменичног напона.

46. Питање:

Нацртати електричну шему тиристорске локомотиве система 25 kV 50 Hz. Приказати место и описати улогу и карактеристике пантографа, главног прекидача, осигурача, градуатора, трансформатора, исправљача, моторне пригушнице, мотора. Објаснити које могућности за регулацију вучне силе постоје у моторном раду (тј. идентификовати управљачке величине које утичу на рад локомотиве).

47. Питање: **Опционо**

Објаснити начин и место мешовите регулације. Известити релевантне изразе и описати како се изводи мешовита регулација код тиристорске локомотиве.

48. Питање:

Приказати електричну шему тиристорске локомотиве у режиму рекуперативног кочења. Известити израз за средњу вредност арматурне струје у функцији угла паљења и брзине кретања. Објаснити начине на које се може управљати силом кочења.

49. Питање: **Опционо**

Тиристорска локомотива ради у режиму рекуперативног кочења. Дати фамилију F-v дијаграма који се имају при константном побудном флуксу. У којим режимима рада треба слабити поље? Дати фамилију F-v дијаграма који се имају при константном арматурном напону и при слабљењу поља.

50. Питање: **Опционо**

Тиристорска локомотива ради у режиму рекуперативног кочења. Тиристорски мост се окида асиметрично, како би се умањила реактивна снага. Дати временску промену исправљеног напона, струје у контактном воду, и окидне импулсе тиристора.

51. Питање: **Опционо**

Дати оријентациону вредност максималног угла паљења који се може применити код тиристорске локомотиве у режиму рекуперативног кочења. Шта ће се догодити у случају да се примени угао паљења већи од дозвољеног? Које величине и параметри утичу на максималну вредност угла који се може применити?

52. Питање:

На секцији контактне воде која напаја једна подстананица система 25 kV 50 Hz налази се више локомотива које рекуперативно коче. Шта бива са енергијом кочења? Чиме је ограничена максимална укупна снага кочења? Одговорити на иста питања за случај да се локомотива система 3 kV JCC напаја из удаљене подстананице, при чему је напон на прикључцима подстананице константан (рекуперативна подстананица 3 kV JCC са регулацијом напона).

53. Питање: **Опционо**

Објаснити потребу да се код паралелног повезивања арматурних намотаја вучних МЈСС морају применити серијске импедансе, повезане на ред са сваким арматурним намотајем. Како се одређује вредност ове импедансе?

54. Питање:

Дефинисати напонски извор потребан за напајање вучних мотора наизменичне струје. Као пример вучног МНС, усвојити асинхронни мотор који ради са константним флуksom, или синхронни вучни мотор са перманентном побудом. Одредити какве напоне треба доводити на прикључке мотора, и назначити како доведени напон треба мењати при промени брзине.

55. Питање:

Нацртати електричну шему трофазног транзисторског вучног претварача који се напаја једносмерним напоном из контактне воде. На који начин се обезбеђује наизменични линијски напон варијабилне учестаности и амплитуде, потребан за напајање мотора? Какав облик има фазна струја?

56. Питање:

За асинхронни мотор напајан из трофазног транзисторског инвертора дати процену валовитости струје у функцији комутационе учестаности, напона напајања и реактансе расипања мотора.

57. Питање:

Посматрати електричну шему трофазног транзисторског вучног претварача који се напаја једносмерним напоном из контактне воде. Може ли овакав претварач напајати мотор у режиму рекуперативног кочења? За овакав случај, описати ток снаге, фазни став између фазних напона и струја, као и струју у једносмерном међуколу.

58. Питање:

Посматрати случај описан у претходном питању. У случају да контактни вод не може да прихвати снагу кочења, шта се догађа са напоном? На који начин треба модификовати претварач како би се ризици од оштећења компоненти при кочењу отклонили?

59. Питање:

Посматрати електричну шему трофазног транзисторског вучног претварача који се напаја једносмерним напоном из тракционе батерије. Одредити највећу ефективну вредност линијског напона који се може остварити при датом напону батерије.

60. Питање:

Посматрати електричну шему трофазног транзисторског вучног претварача који се напаја једносмерним напоном из тракционе батерије. Одредити највећу ефективну вредност линијског напона који се може остварити при датом напону батерије.

61. Питање:

Посматрати електричну шему трофазног транзисторског вучног претварача који се напаја једносмерним напоном из тракционе батерије. Претварач напаја асинхрони вучни мотор. Одредити и нацртати транзијентну карактеристику вучног погона (зависност највећег момента који је на располагању у краћим временским интервалима од брзине обртања, тј. од учестаности напајања) која се има при номиналном напону батерије. Све параметре сматрати познатим, усвојити све разумне апроксимације и занемарења.

62. Питање

Одговорити на претходно питање у случају да је батеријски напон умањен за 20%.

63. Питање:

Посматрати електричну шему трофазног транзисторског вучног претварача који се напаја једносмерним напоном из тракционе батерије. Претварач напаја синхрони вучни мотор који на ротору има сталне магнете уграђене на површини ротора. Одредити и нацртати транзијентну карактеристику вучног погона (зависност највећег момента који је на располагању у краћим временским интервалима од брзине обртања, тј. од учестаности напајања) која се има при номиналном напону батерије. Све параметре сматрати познатим, усвојити све разумне апроксимације и занемарења.

64. Питање

Одговорити на претходно питање у случају да је батеријски напон умањен за 20%.