

Mažos galios tiesiaeigių elektros pavarų lyginamieji parametrai

Z. Savickienė, A. Poška, A. Šlepikas

Automatikos katedra, Vilniaus Gedimino technikos universitetas,

Naugarduko g. 41, LT-03227 Vilnius, Lietuva, tel. +370 5 2744763, el. p. zita.savickiene@el.vtu.lt

Ivadas

Tiesiaeigių elektros pavarų tyrimo aktualumą liudija gausėjančios publikacijos šia tema [1 – 4].

VG TU Automatikos (anksčiau VISI ir KPI Elektros pavarų ir elektros įrenginių) katedroje daugelį metų buvo vykdomi kvalifikaciniai ir ūkiskaitiniai tiesiaeigių elektros variklių (TAV), tiesiaeigių elektros pavarų (TEP) ir automatinų sistemų su šiomis pavaromis (ASTEP) mokslinio tyrimo darbai. Kelios ASTEP buvo pradėtos gaminti mažomis ir vidutinio dydžio serijomis [5]:

1. Modulinė katapulta su elektriškai ir magnetiškai vienusiais plokščios konstrukcijos TAV taikoma mikrokonteineriams automatiškai transportuoti iš informacijos saugyklų į diskretines eksponavimo pozicijas ir atgal (sistema gaminta mažomis serijomis).

2. Dulkių sprogimų automatinės lokalizacijos sistemos su penkių gabaritų greitaveikėmis ugnį užtveriančiomis sklendėmis, kurių pavarose taikomi dviejų gabaritų elektriškai ir magnetiškai dvipusiai TAV (Stavropolio eksperimentinė elektromechanikos gamykla (Rusija) kasmet gamina daugiau kaip po 1000 penkių gabaritų sklendžių su dviejų gabaritų TAV).

3. Aukštosios įtampos linijos su izoliuota neutrале vienfazio susijungimo su žeme vietos automatinio šuntavimo ir paieškos sistema su pafaziui valdomu jungtuvu, kurio pavaros pagrindas – trys cilindrinės konstrukcijos TAV (CTAV) (pagamintos 9 sistemos su 27 CTAV ir 4 atsarginiai CTAV).

Visose šiose pavarose naudojamų TAV ir CTAV darbo režimas yra trumpalaikis, o variklių įjungimo trukmė – dešimtosios sekundės dalys. Tai įgalina palyginti pagrindinius TAV ir CTAV rodiklius, atitinkančius ne tik vienos sistemos tiesiaeigių elektros pavarų serijas, bet ir tarpusavyje.

Šiame straipsnyje nagrinėjami ir lyginami išvardytų elektros pavarų TAV ir CTAV pagrindiniai parametrai.

Elektrinė katapulta

Mikrokonteineriams automatiškai transportuoti iš informacijos saugyklų į konkrečias eksponavimo pozicijas buvo pritaikyta elektrinė katapulta, katapultuojanti vežimėlį iš vienos pozicijos į kitą. Pavarą sudaro keli TAV induktoriai, reversiniai tiristoriniai komutatoriai, vežimėlio

padėties jutikliai, valdymo kompiuteris ir prie vežimėlio pritvirtintas TAV antrinis elementas su nuolatinio magnetu. TAV induktoriai montuojami stotyse, į kurias turi būti pristatomas vežimėlis su mikrokonteineriu. Vežimėlis juda iš narelių sudarytomis kreipiamosiomis. Kreipiamųjų ilgis priklauso nuo atstumo tarp stočių, o jų skaičius – nuo stočių skaičiaus. Prie vežimėlio tvirtinamas griebtuvas, laikantis gabenamą mikrokonteinerį. Iš vienos stoties į kitą mikrokonteinerį gabenama paeiliui įjungiant gretimų stočių TAV induktorius. Reversiniai tiristoriniai komutatoriai prie induktorių prijungia tiesioginės arba atvirkštinės fazių sekos įtampas, todėl kiekvienas TAV pagreitina vežimėlį iki tam tikro greičio pasirinkta kryptimi. Toliau vežimėlis juda iš inercijos, nebeturėdamas jokio ryšio su pravažiuota stotimi. Stotyje, į kurį gabenama mikrokonteineris, vežimėlį sustabdo elektromagnetu valdomas mechaninis fiksatorius.

Tokią sistemą sudaro atskiri moduliai. Viename modulyje yra vežimėlio kreipiamoji, TAV induktorius su elektromagnetais valdomu stabdžiu – fiksatoriumi ir reversinis tiristorinis komutatorius. Modulių skaičių, atstumus tarp gretimų stočių (vežimėlio kreipiamųjų ilgius) ir vežimėlio judėjimo algoritmą galima laisvai keisti, pridėdamas modulį prie modulio ir pakeičiant valdymo kompiuterio programą.

Informaciją apie vežimėlio atvykimą į stotį, jo išriedėjimą iš TAV induktoriaus veikimo zonos ir elektromagnetinio stabdžio išlaisvinimą iš valdymo kompiuterio siunčia padėties jutikliai – nuolatiniais magnetais valdomi hermetizuoti kontaktai (herkonai). Atskirų padėties jutiklių kontaktai susijungia, kai vežimėlis stovi vienoje iš stočių, kai vežimėlis tolsta nuo stoties ir kai elektromagnetas išlaisvina vežimėlį, stovintį tam tikroje stotyje.

Šiai sistemai buvo pagaminta keliasdešimt induktorių, kurių magnetolaidis yra unifikuotas, o keičiami apvijos parametrai. Gauti tokie ribiniai lyginamieji rodikliai:

1. srovės tankis $q_{vid} = 7,55 - 23,99 \text{ A/mm}^2$;
2. santykinė aktyvioji galia $\Sigma P/F = 41,8 - 64,7 \text{ W/N}$;
3. santykinė jėga $F/S_{akt} = 2,7 - 23,7 \text{ N/cm}^2$;
čia ΣP – visų trijų TAV fazių aktyvioji galia; F – TAV paleidimo jėga; S_{akt} – TAV aktyviojo paviršiaus plotas;
4. galios koeficientas $\cos\varphi = 0,51 - 0,63$;

5. pilnutinė galia $S=244 - 2746 \text{ V}\cdot\text{A}$;
6. didžiausia, mažiausia ir vidutinė fazės srovės:
 - mažiausios galios varikliui:
 - 0,315 A; 0,255 A; 0,239 A;
 - didžiausios galios varikliui:
 - 3,4 A; 3,04 A; 3,23 A.

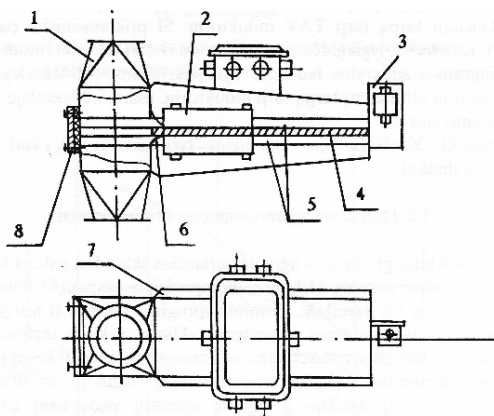
Dulkių sprogimų automatinės lokalizacijos sistemos sklendės su TAV

Grūdų perdirbimo įmonių organinių dulkių (miltų, sėlenų, malūnų, elevatorių, pašarų gamyklų dulkių) ir oro mišiniai yra sprogūs. Sprogimas įvyksta esant tam tikrai dulkių koncentracijai ir pakankamai šilumos šaltinio temperatūrai bei energijai.

Tyrimų rezultatai rodo [6], kad pirminius silpnus sprogimus galima užfiksuoti slėgio jutikliais arba fotojutikliais, sumontuotais ant bunkerio, norijų, aspiracinių sistemų ciklonų, technologinių mašinų. Todėl siekiant apriboti avarijų mastą, kuriamos techninės priemonės, neleidžiančios įkaitusiems sprogimo produktams ir liepsnai iš pirminio sprogimo židinio prasiskverbti į aspiracines sistemas, silosus ir bunkerius, kuriuose kyla antriniai griaunamosios galios sprogimai.

Dėl to pagal sprogimo jutiklio signalą reikia automatiškai užskleisti visus vamzdžius, jungiančius pirminio sprogimo židinių su galingų sprogimų atžvilgiu pavojingais įrengimais. Tokiai automatinei liepsnos sklaidimo apribojimo sistemai naudojamos greitaveikės sklendės [6].

Greitaveikės sklendės su TAV vaizdas pateiktas 1 paveiksle.

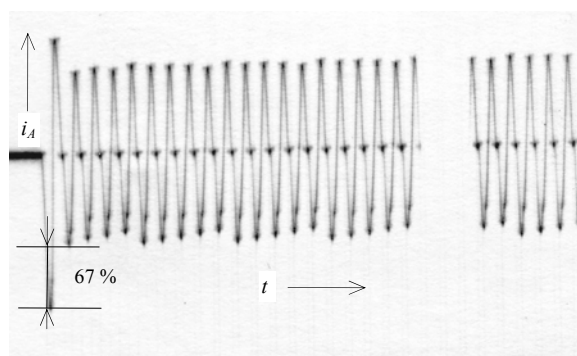


1 pav. Sklendės su TAV vaizdas: 1 – vamzdžiai; 2 – TAV induktoriai; 3 – gembė su kelio jungikliu; 4 – sklendės judrusis elementas; 5 – kreipiamosios; 6 – sandarinimo įtaisai; 7 – korpusas; 8 – amortizatorius

Šioje sistemoje naudojamų TAV pagrindiniai santykiniai parametrai yra tokie:

1. galios koeficientas $\cos\varphi = 0,32 - 0,49$;
2. pilnutinė galia $S = 777 - 1868 \text{ V}\cdot\text{A}$;
3. didžiausia, mažiausia ir vidutinė fazės srovės:
 - 9,32 A; 8,18 A; 8,59 A;
4. fazinių srovių asimetrija:
 - $\Delta I_{A\%} = 7,65\%$; $\Delta I_{B\%} = 3,98\%$; $\Delta I_{C\%} = 3,69\%$.

2 paveiksle pateikta sklendės TAV induktoriaus srovės oscilograma. Didžiausia amplitudė siekia 67 % nusistovėjusios srovės amplitudės.



2 pav. TAV srovės oscilograma

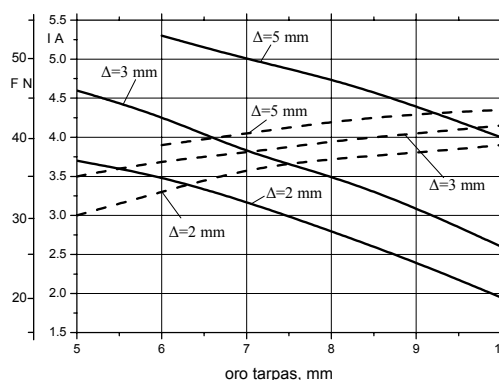
Technologinių sklendžių pavaros su TAV

Dulkių sprogimų automatinės lokalizacijos sistemų sklendės gaminamos serijiniu būdu. Siekiant jas pritaikyti technologiniams poreikiams, reikia sumažinti TAV kuriamą jėgą ir taip išvengti stiprių antrinio elemento smūgių į amortizatorius. Tai galima padaryti perjungiant TAV apvijas iš lygiagretaus į nuoseklų jungimą arba naudojant tik vieno induktoriaus apviją, o kitą dvipusio TAV induktorių naudojant kaip magnetiškai dvipusio TAV magnetolaidį. Be to, TAV kuriamą jėgą galima keisti keičiant antrinio elemento storį.

Tyrimai buvo atlikti su dulkių sprogimų automatinės lokalizacijos sistemos mažojo gabarito induktoriais. Mažojo gabarito induktoriaus parametrai pateikti lentelėje. Tyrimų rezultatai pateikti 3 – 5 paveiksluose.

Lentelė. Mažojo gabarito induktoriaus parametrai

Induktoriaus tipas	Paketo storis, mm	Vijų skaičius	Ričių skaičius fazėje	Fazės varža, Ω	Laido skersmuo, mm
I-30-47	30	380	2	33 ± 1	0,47

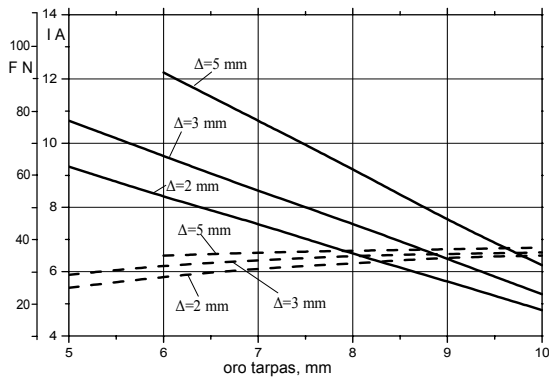


3 pav. Elektriškai ir magnetiškai dvipusio induktoriaus jėgos (—) ir srovės (---) priklausomybės nuo oro tarpo tarp induktorių esant, skirtingiems antrinio elemento storiams

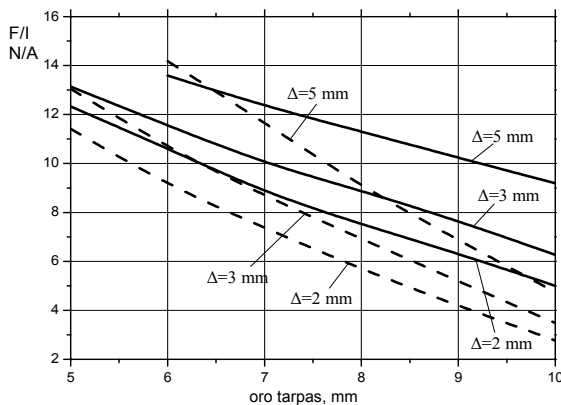
Aukštosios įtampos jungtuvai

Jungtuvuose naudojamų CTAV magnetolaidis buvo gaminamas iš vientisų detalių, o ne iš elektrotechninio

plieno lakštų. Daugumos CTAV fazinės srovės yra vienodos ir kinta nuo 86 iki 90 A, o paleidimo jėga – nuo 2600 iki 2845 N.



4 pav. Elektriškai vienpusio magnetiškai dvipusio induktoriaus jėgos (—) ir srovės (---) priklausomybės nuo oro tarpo tarp induktorių, esant skirtingiems antrinio elemento storiams



5 pav. Elektriškai ir magnetiškai dvipusio induktoriaus (—) ir elektriškai vienpusio magnetiškai dvipusio induktoriaus (---) santykinės jėgos (F/I) priklausomybės nuo oro tarpo tarp induktorių, esant skirtingiems antrinio elemento storiams

Gaminant tiesiaeigio judesio variklių seriją, naudotos korpusų išorinių ir vidinių paviršių tekinimo, korpusų ir induktoriaus dantų frezavimo, letenų privirinimo prie korpusų, CTAV plieninių detalių cinkavimo, antrinių elementų dengimo vario sluoksniu ir kitos technologinės operacijos. Didžiausią įtaką CTAV parametrų sklaidai turi virinimo ir galvanoplastinės dangos technologinės operacijos. Virinant letenas, CTAV korpusas kaista, deformuojasi ir įgyja liekamųjų deformacijų (nuo jų priklauso ekvivalentinis oro tarpas tarp korpuso ir dantų, vadinasi, ir magnetinės grandinės varža), o antrinio elemento padengimo variu procese kartojamos galvanoplastinės (šerdis padengiama nelygiu vario sluoksniu) ir tekinimo (sluoksniu paviršius išlyginamas) operacijos, sukeliančios CTAV antrinio elemento dangos netolygumus. Šie nuokrypiai yra atsitiktiniai. Todėl CTAV serijos parametrai vertintini jų vidutinėmis vertėmis ir vidutiniais kvadratiniais nuokrypiais:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i ; \quad (1)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} ; \quad (2)$$

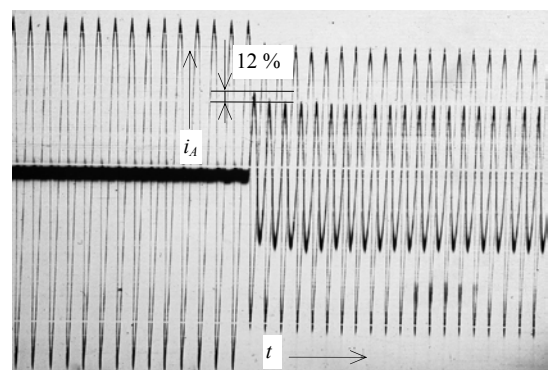
čia x_i – atskirų CTAV parametrai; n – CTAV skaičius serijoje.

Tiriamosios serijos CTAV gautos tokios paleidimo parametrų vertės:

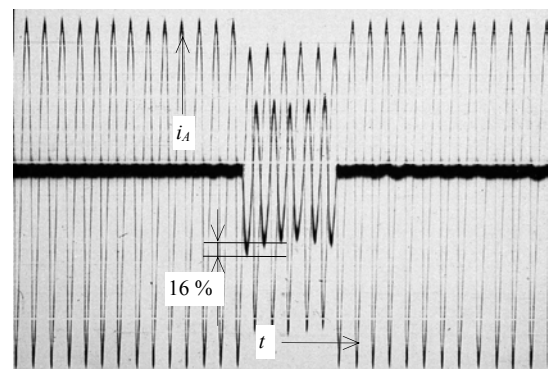
$$\begin{aligned} \bar{I}_p &= 89,4 \text{ A} ; \\ \sigma_i &= 3,32 \text{ A} ; \\ \bar{F}_p &= 2684 \text{ N} ; \\ \sigma_F &= 61,6 \text{ N} . \end{aligned}$$

Dėl didelių plieno nuostolių vientisame magnetolaidyje fazinės srovės yra vienodos.

CTAV srovių oscilogramos pateiktos 6 – 8 paveiksluose.



6 pav. Sustabdyto CTAV su vientisu antriniu elementu srovės oscilograma



7 pav. CTAV su vientisu antriniu elementu srovės oscilograma įjungiant jungtuvą

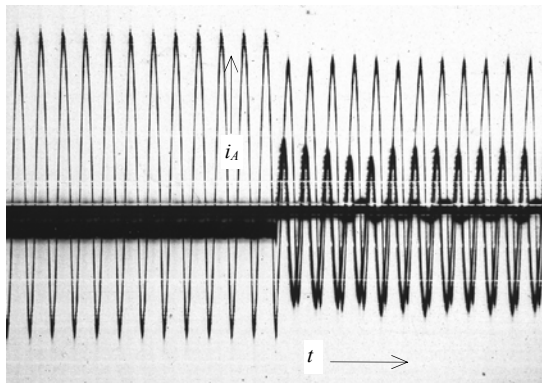
Išvados

1. Nustatyti santykiniai eksperimentinių TAV ir CTAV parametrai gali būti naudojami kaip pradiniai duomenys, projektuojant naujus trumpalaikiu režimu veikiančius TAV ir CTAV.

2. Skaičiuojant TAV, kurių magnetolaidžiai gaminami iš elektrotechninio plieno plokštelių, charakteristikas, būtina atsižvelgti į TAV induktorių fazinių srovių asimetriją.

3. Elektriškai ir magnetiškai vienpusių TAV galios koeficientai yra maži (0,51 – 0,63), o fazių srovių asimetrija mažėja, didėjant TAV galiai (nuo 16,67 % iki 6,54 %).

4. Plokščios konstrukcijos mažos galios TAV fazinių srovių asimetrija siekia 7,65 %.



8 pav. CTAV su antriniu elementu, pagamintu iš plokštelių, srovės oscilograma įjungiant jungtuvą

5. CTAV ir TAV srovės pereinamųjų procesų trukmė yra ne ilgesnė kaip 2 – 3 tinklo įtampos pusperiodžiai, o didžiausia amplitudė neviršija 67 % nusistovėjusios srovės amplitudės.

6. CTAV su vientisu magnetolaidžiu fazių srovės yra vienodos, tačiau skiriasi pagal tą pačią technologiją pagamintų CTAV parametrai (srovės ir paleidimo jėgos).

1. **Budig P.-K.** The Application of Linear motors//The third International Power Electronics and motion Control conference. –2000. –Vol. 3. –P. 1336 – 1341.
2. **Boldea I.** Linear electric actuators and their control: a review //Proceedings of the 10th International Conference European Power and Drives Association PEMC 2002, 9 – 11 September 2002, Cavtat&Dubrovnik, Croatia. ISBN: 953 – 184 – 047 – 4. –P. 12 – 19.
3. **Gieras J.F.** Linear induction Drives – Clarendon Press. – Oxford University Press, Nova York, 1994. –P. 297.
4. **Boldea I., Nasar A.** Linear electric actuators and generators. IEEE International Conference on Electric Machines and drives. Conference record. –1997. –P. MA1/1.1 – MA1/1.5.
5. **Poška A., Teišerskas Č.** Automatinės sistemos su tiesiaieigėmis elektros pavaromis. –Vilnius: Technika. 1993. – 174 p.
6. **Poška A.** Specialiosios automatinės sistemos. –Vilnius: Technika. 1995. –203 p.
7. **Пошка А. – Ю. Ю., Тейшерскас Ч.** Серия линейных электроприводов для масляных выключателей с пофазным управлением//Тематические сборники научных трудов высших учебных заведений Литовской ССР. Электротехнические устройства. –1983. –С. 115 – 120.

Pateikta spaudai 2004 03 01

Literatūra

Z. Savickienė, A.J. Poška, A. Šlepikas. Mažos galios tiesiaieigių elektros pavarų lyginamieji parametrai // Elektronika ir elektrotechnika.– Kaunas: Technologija, 2004. – Nr. 5(54). – P. 76–79.

Straipsnyje nagrinėjami ir lyginami Vilniaus Gedimino technikos universiteto Automatikos katedros specialistų sukurtų ir įdiegtų (modulinėje katapultoje, dulkių sprogimų automatinės lokalizacijos sistemų sklendėse, aukštosios įtampos linijos su izoliuota neutrale vienfazio susijungimo su žeme vietos automatinio šuntavimo ir paieškos sistemoje su pafaziui valdomu jungtuvu) nedidelėmis ir vidutinio dydžio serijomis pagamintų plokščios ir cilindrinės konstrukcijos mažos galios variklių, veikiančių trumpalaikiu darbo režimu, induktoiaus fazinės srovės tankiai, santykinės aktyviosios galios, galios koeficientai, fazinių srovių asimetrija, pereinamųjų procesų rodikliai. Pateikti duomenys gali būti naudingi projektuojant naujas trumpalaikiu režimu veikiančias tiesiaieiges elektros pavaras ir jų serijas. Il. 8, bibl. 7 (lietuvių kalba; santraukos lietuvių, anglų ir rusų k.).

Z. Savickienė, A.J. Poška, A. Šlepikas. Comparable Parameters of Small Power Linear Induction Drives // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2004. – No. 5(54). – P. 76–79.

Parameters of some small power linear induction drives are investigated and compared in this article. These drives have been created and introduced into production in small and medium quantities by specialists of Automatics department in Vilnius Gediminas Technical University, have flat or cylindrical construction, designed for short time working mode. The investigated parameters are: phase current density of inductor, relative active power, power coefficient, asymmetry of phase currents, indices of transitional processes. These results can be used in a new short time working linear induction drive design. Ill. 8, bibl. 7 (in Lithuanian; Summaries in Lithuanian, English and Russian).

З. Савицкене, А.Ю. Пошка, А. Шлепикас. Сравнительные параметры линейного электропривода малой мощности // Электроника и электротехника. – Каунас: Технология, 2004. – № 5(54). – С. 76–79.

В статье анализируются и сравниваются такие параметры линейных электродвигателей плоской и цилиндрической конструкции, разработанных специалистами кафедры автоматики Вильнюсского технического университета им. Гедиминаса и изготовленных малыми сериями и сериями средней величины и предназначенных для кратковременного режима работы, как плотность фазного тока обмоток индукторов, относительная активная мощность, коэффициент мощности, асимметрия фазных токов, динамические параметры тока. Приведенные данные могут быть полезны при проектировании новых линейных электроприводов, предназначенных для кратковременного режима работы, и их серий. Ил. 8, библи. 7 (на литовском языке; рефераты на литовском, английском и русском яз.).