

## THE OSCILATING MODE OF ASYNCHRONOUS MOTOR SUPPLIED FROM SINGLE-PHASE NET

### NO VIENFĀZES TĪKLA BAROTS ASINHRONS DZINĒJS SVĀRSTĪBU REŽĪMĀ

**Uldis Antonovics**, lector, M.Sc. ing.  
Riga Technical University  
Institute of Power and Electrical Engineering  
Department of Electrical Engineering  
Address: Meza street 1, p. 1., Riga LV-1048, Latvia  
Phone: +371 7089502  
e-mail : [uldis.antonovics@rtu.lv](mailto:uldis.antonovics@rtu.lv)

**Juris Slezins**, engineer  
Riga Technical University  
Institute of Power and Electrical Engineering  
Address: Kronvalda boulevard 1, Riga LV-1048, Latvia  
Phone: +37122064737  
e-mail: [juris.slezins@apollo.lv](mailto:juris.slezins@apollo.lv)

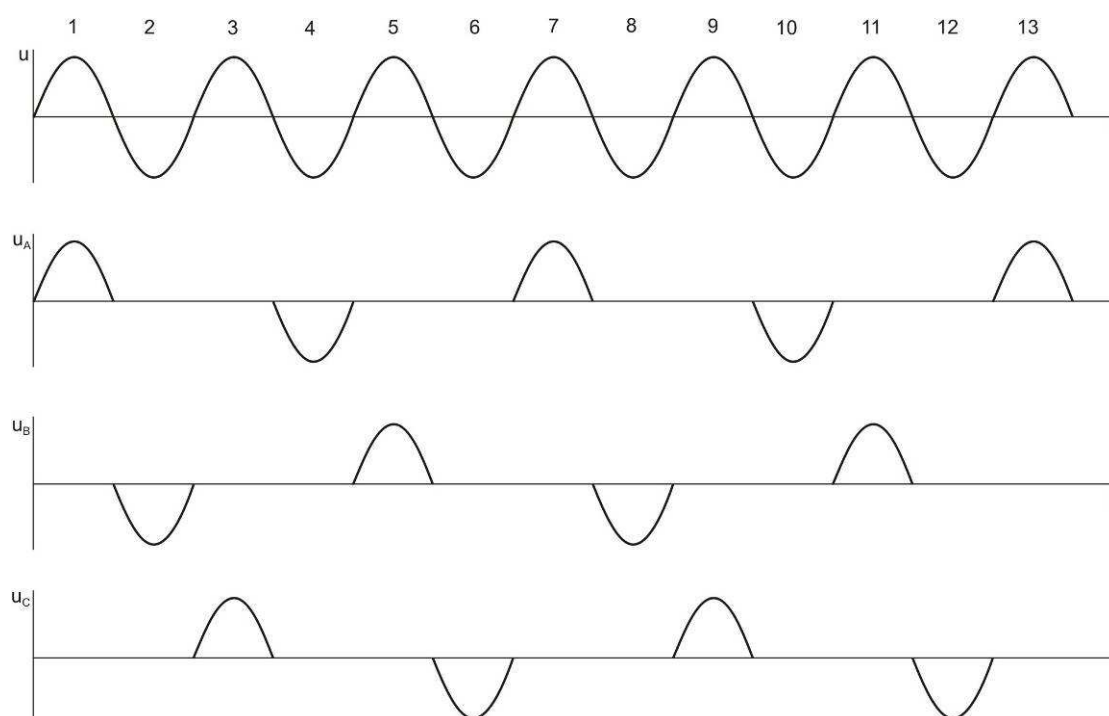
*Atslēgas vārdi: asinhronais dzinējs, režīmi, spriegums, strāva, svārstības vadāmi slēdži*

#### Ievads

Dažādās tautsaimniecības nozarēs izmanto iekārtas, kuru darba mehānismi veic svārstību kustības (vibrotransportēšanā, vibrošķirošanā, fasēšanā, slīpēšanā u.c.). Šādas iekārtas piedzen ar rotējošiem elektriskajiem dzinējiem, svārstību iegūšanai izmantojot mehāniskus svārstību pārveidotājus. Lai samazinātu iekārtu gabarītus, materiālietilpību, vienkāršotu vadības sistēmas, tiek meklēti ceļi svārstību iegūšanai bez mehāniskajiem reduktoriem. Praksē svārstību iegūšanai izmanto dažādu tipu dzinējus ( asinhronos, sinhronos, soļu un līdzstrāvas dzinējus) un dažādus vadības paņēmienus [1]. Mūsu pētījumu objekts ir trīsfāžu īsi slēgtie dzinēji svārstību režīmā, barojot tos no vienfāzes sprieguma avota.

#### Darbības princips

Pagājušā gadsimta 80-tajos gados RPI (tagad RTU) Elektriskās piedziņas katedras līdzstrādnieki patentēja trīsfāžu asinhronā dzinēja vadības paņēmieni, barojot to no vienfāzes sinusoidāla sprieguma avota [2]. Ar pusvadītāju elementu slēdžiem dzinēja statora fāžu tinumiem noteiktā secībā pieslēdz barošanas sprieguma pozitīvos vai negatīvos pusperiodus. Šī secība parādīta 1. attēlā, Sākoties pozitīvajam sprieguma pusperiodam, to pieslēdz A fāzes tinumam, sākoties negatīvajam pusperiodam, to pārslēdz uz B fāzes tinumu, nākošo pozitīvo pusperiodu – C fāzes tinumam. Nākošos negatīvo, pozitīvo un negatīvo spriegumu pieslēdz attiecīgi A,B un C fāzes tinumiem. Līdz ar to 3 sprieguma periodu laikā noslēdzies viens pilns cikls. Tālāk seko nākošie tādi paši cikli .Šādā režīmā statora tinumos plūstošās strāvas rada ar rotora tinumiem saistītu pulsējoši rotējošu magnētisku lauku. Katra pusperioda laikā magnētiskās plūsmas virziens perpendikulārs attiecīgā tinuma plaknei un plūsmas vērtība mainās pēc sinusa likuma. Nākošajā pusperiodā plūsmas vērtība atkal mainās pēc sinusa likuma, bet tās virziens izmainās par  $60^{\circ}$ . Sešu pusperiodu (3 periodu) laikā magnētiskās plūsmas virziens veic pilnu apgriezieni par  $360^{\circ}$ . Šis rotējošais lauks inducē eds rotora tinumos. Rotora strāvas un magnētiskās plūsmas mijiedarbībā radītais elektromagnētiskais moments liek rotoram griezties. Šajā režīmā magnētiskais lauks rotē trīs reiz lēnāk nekā dzinēju pieslēdzot trīsfāžu spriegumam. Attiecīgi trīs reiz lēnāk griežas arī rotors. Lai izmainītu asinhronā dzinēja rotora griešanās virzienu, jāizmaina magnētiskā lauka rotēšanas virziens uz pretējo. Trīsfāžu režīmā to panāk samainot vietām jebkurus divus statora tinumiem pieslēgtos trīsfāžu tīkla vadus. Arī šajā gadījumā var rīkoties līdzīgi, samainot vietām sprieguma pusperiodu pieslēgšanas secību dzinēja statora B un C fāžu tinumiem (skat. 1. att).



1. att. Sprieguma sadalījums laikā uz statora tinumiem

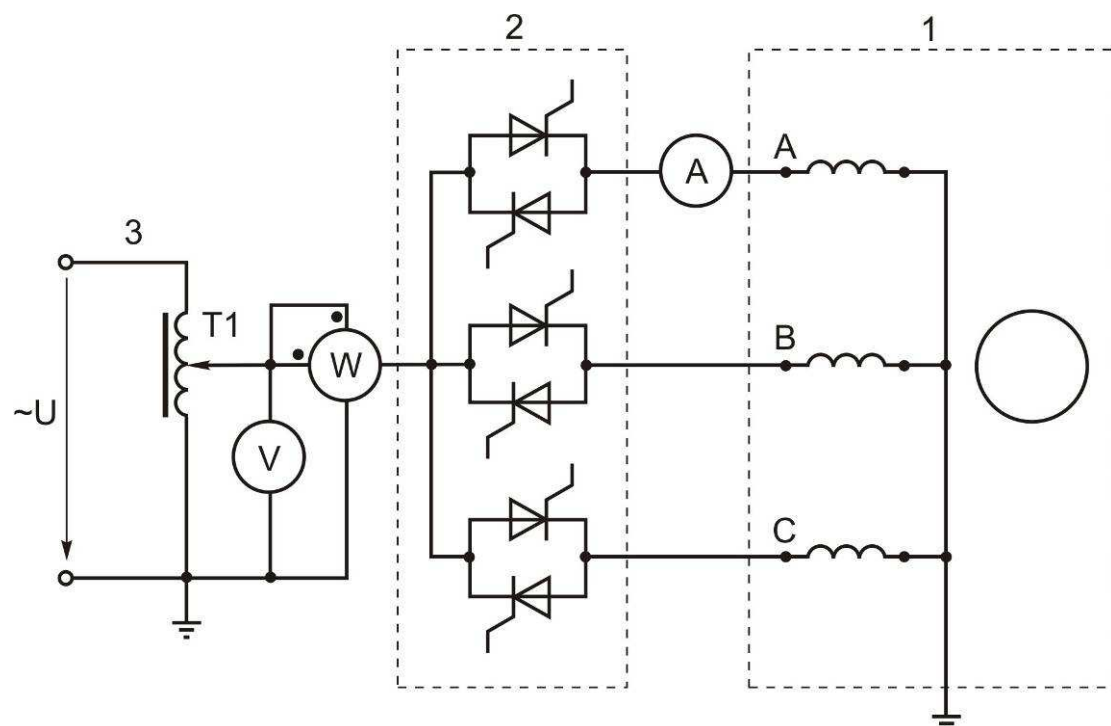
Eksperimenti tiek veikti ar īsi slēgtu asinhrono dzinēju ar diviem polu pāriem, kam 50 Hz trīsfāzu maiņsprieguma gadījumā magnētiskā lauka rotācijas frekvence ir 1500 apgr./min., bet pieslēdzot dzinēju vienfāzes spriegumam – 500 apgr./min.

Apskatīto vadības paņēmieni var modificēt, lai dzinēja rotors nevis grieztos, bet strādātu svārstību režīmā [3, 4]. Iepriekš aprakstītajā vadības paņēmienā sprieguma pusperiodu pieslēgšanas secība bija:  $A^+ - B^- - C^+ - A^- - B^+ - C^-$ . Šeit „+” nozīmē, ka attiecīgajam tinumam pieslēgts pozitīvs sprieguma pusperiods, bet „-” - negatīvs sprieguma pusperiods. Šo trīs sprieguma periodu laikā magnētiskās plūsmas virziens izmainās par 360 elektriskiem grādiem, bet rotors pagriežas par  $180^\circ$ . Ja nākošajos 3 periodos sprieguma pusperiodu pieslēgšanas secība ir  $A^+ - C^- - B^+ - A^- - C^+ - B^-$ , tad magnētiskais lauks un arī rotors griežas pretējā virzienā. Sešu sprieguma periodu laikā rotors izdara vienu pilnu svārstību ar pagriešanās leņķi  $180^\circ$  uz katru pusi. Svārstību frekvence  $f_s = 50/6 = 8,333$  Hz, bet svārstību periods  $T_s = 6T = 120$  ms. Svārstību frekvenci var mainīt, mainot rotora pagriešanās leņķi. Samazinot pagriešanās leņķi, pieaug svārstību frekvence un samazinās svārstību periods. Palielinot pagriešanās leņķi, svārstību frekvence samazinās un palielinās periods. Piemēram, pievadot statora tinumiem sprieguma pusperiodus sekojošā secībā :  $A^+ - B^- - C^+ - A^- - B^+ - A^- - C^+ - B^- - A^+ - C^- - B^+ - A^- - C^+ - A^- - B^- - C^-$ , viena svārstība ilgst 8 sprieguma periodus. Svārstību periods  $T_s = 160$  ms, svārstību frekvence  $f_s = 6,25$  Hz, pagriešanās leņķis  $240^\circ$ . Svārstību frekvenci nemainīgam pagriešanās leņķim var samazināt katras svārstības beigās divus pusperiodus spriegumu nepieslēdzot nevienam statora tinumam. Protams, ka svārstību periodu var regulēt arī mainot pieslēgtu sprieguma frekvenci vai izmantojot dzinējus ar citu polu pāru skaitu.

### Eksperimentālā iekārta un slēguma shēma

Eksperimentā izmantots trīsfāžu asinhrons dzinējs ar īsi slēgtu rotoru un diviem polu pāriem. Tā slēguma shēma redzama 2. attēlā. Dzinēja parametri: 0,55 kW, 220/380 V, 2,9/ 1,7 A, 1360 apgr./min.,  $\cos\phi = 0,71$ ,  $\eta=71\%$ . Dzinēju baro no 220 V tīkla caur autotransformatoru, lai varētu regulēt sprieguma vērtību. Statora tinumi slēgti zvaigznē. Katrs tinums pieslēgts sprieguma avotam ar diviem pretēji- paralēli slēgtiem optiskiem tiristoriem. Shēmā iekļauts voltmetrs pieslēgtu sprieguma mērīšanai, ampērmetrs statora tinuma strāvas mērīšanai un vatmetrs patērētās jaudas mērīšanai.

Vadības shēma nodrošina iespēju noteiktā secībā padot vadības impulsus uz tiristoriem, pieslēdzot attiecīgajam statora tinumam pozitīvo vai negatīvo sprieguma pusperiodu. Vadības shēma satur mikrokontroleru ATtiny2313, kurā ierakstītas 8 programmas, kas nodrošina iespēju darbināt dzinēju rotācijas režīmā abos virzienos un sešos dažādos svārstību režīmos.



2. att. Dzinēja slēguma shēma

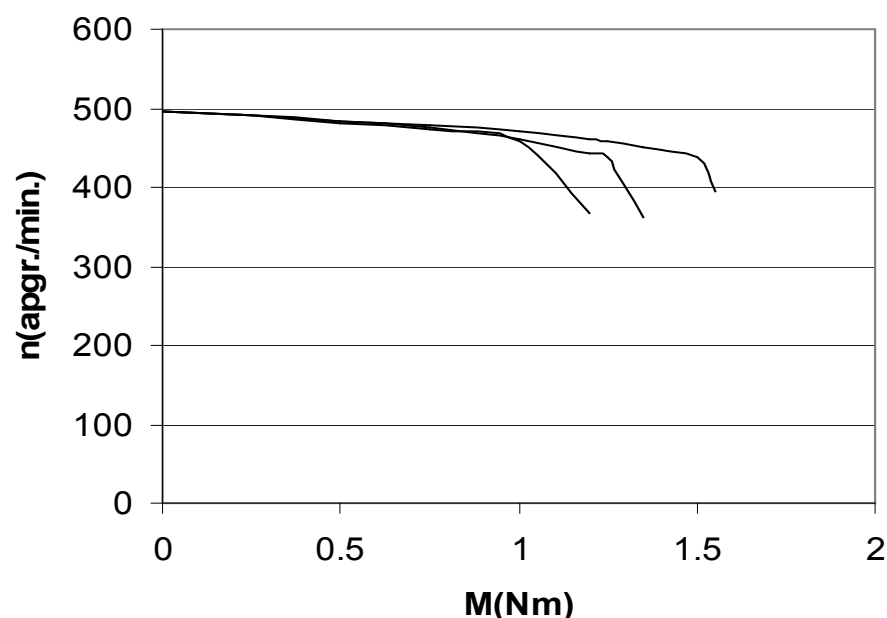
1 – asinhronais dzinējs, 2 – pusvadītāju slēdžu bloks, 3 – autotransformators

Lai izvēlētos kādu no dzinēja darba režīmiem, jāizmanto trīs slēdzīšu komplekts, kuri katrs var būt ieslēgtā vai atslēgtā stāvoklī, piemēram, ++, ++-, + - +. utt., pavisam 8 kombinācijas. Šeit: „+” – ieslēgts slēdzītis, „-” – izslēgts slēdzītis. Dzinēju iedarbina, ieslēdzot ceturto slēdzīti, bet apstādina to atslēdzot.

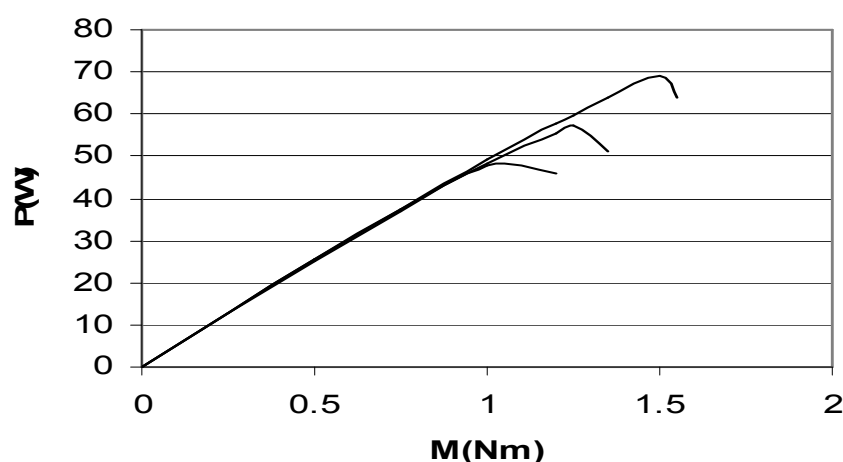
### Eksperimenta rezultāti

Eksperimentāli pārbaudīts, kā dzinējs darbojas gan rotācijas, gan svārstību režīmos. Dažādas dzinēja raksturlieknes pagaidām uzņemtas tikai rotācijas režīmam, sloģošana izmantojot elektromagnētisko bremzi. Eksperimenti veikti pie pazemināta barošanas sprieguma, jo dzinēja rotoram rotējot lēnāk, pasliktinās dzesēšanas apstākļi.

Īpatnēji ir tas, ka tukšgaitas režīmā un režīmā ar nobremzētu rotoru strāvas statora tinumā ir gandrīz vienādas. Eksperimentāli pārlicinājāties, ka dzinēju var palaist, ja vienam no statora tinumiem spriegumu nepievada. Kā zināms, trīsfāžu dzinēju nevar palaist, ja trīsfāžu spriegumam viena fāze pazūd.



3. att. Dzinēja mehāniskās raksturlieknes  $n=f(M)$



4. att. Izejas jaudas  $P_2$  atkarība no slodzes momenta  $M$

Dažādu parametru atkarības no slodzes momenta uzņemtas trim pieslēģsprieguma  $U$  vērtībām: 102, 94 un 80 V. 3. attēlā parādītas dzinēja mehāniskās raksturlieknes. Tukšgaitā dzinēja rotācijas frekvence dažādiem spriegumiem ir 497 apgr./min., kas arī bija sagaidāms, jo magnētiskais lauks rotē ar ātrumu 500 apgr./min.. Mehāniskās raksturlieknes dažādiem spriegumiem praktiski sakrīt un atšķiras, tuvojoties kritiskajam momentam, kas samazinās, samazinoties pieslēģspriegumam. 4. attēlā parādīta izejas jaudas  $P_2$  atkarība no slodzes momenta.  $P_2$  pieaug proporcionāli momentam  $M$  un nav atkarīga no pieslēģsprieguma, kamēr moments ir mazāks par kritisko. Eksperimentāli iegūtas arī citas sakarības. Dzinēja patērētā jauda  $P_1$  un strāva statora tinumā  $I$  pieaug, ja palielina spriegumu  $U$ . Ja spriegums nemainīgs, slodzes momentu  $M$  palielinot,  $P_1$  un  $I$  nedaudz samazinās, jaudas koeficients  $\cos\phi$  nedaudz pieaug. Ja slodzes moments mazāks par kritisko, samazinot pieslēģspriegumu  $U$ , lietderības koeficients  $\eta$  pieaug.

### Slēdzieni

1. Apskatītais paņēmiens dod iespēju darbināt asinhrono dzinēju ar īsi slēgtu rotoru gan rotācijas, gan svārstību režīmos, pieslēģdot to vienfāzes spriegumam.
2. Darbā dzinējs jāslēģdz pie pazemināta, nevis nomināla sprieguma.
3. Perspektīva varētu būt dzinēju izmantošana svārstību režīmos. Nemainot spēka un vadības shēmas, bet tikai variējot mikrokontrollera programmu, var mainīt rotora svārstību frekvenci un amplitūdu.

## Literatūra

1. В. И. Луковников. Электропривод колебательного движения. М. Энергоатомиздат 1984. 152с.
2. Я. П. Грейвулис, Л. С. Рыбицкий, И.В. Авкштол, Э. А. Блумбергс. Авторское свидетельство СССР № 1112514. Способ управления трехфазным асинхронным двигателем.
3. J. Greivulis, U. Antonovičs. Patenta pieteikums P – 07 – D8 Trīs fāžu asinhronā dzinēja svārstību režīma vadības paņēmieni.
4. U. Antonovičs, J. Greivulis, A. Gasparjans, A. Terebkovs. Aspects of Creation of Asynchronous Oscillating Electric Drives. 7<sup>th</sup> International Scientific Conference Engineering for Rural Development, Proceedings, Jelgava 2008.

### **Antonovičs U., Šlēziņš J. No vienfāzes tīkla barots asinhrons dzinējs svārstību režīmā**

Daudzās tautsaimniecības nozarēs izmanto iekārtas, kuru darba mehānismi veic svārstību kustības (vibrotransportēšanā, vibrošķirošanā, fasēšanā, slīpēšanā u.c.). Šādu iekārtu piedziņai izmanto elektriskos dzinējus, svārstību kustību iegūstot ar mehāniskiem pārveidotājiem. Lai samazinātu iekārtu gabarītus, materiālietilpību un vienkāršotu vadības sistēmas, tiek meklēti ceļi svārstību iegūšanai bez mehāniskajiem reduktoriem. Praksē šim nolūkam izmanto līdzstrāvas un maiņstrāvas dzinējus un dažādus vadības paņēmienus.

Pētījumu objekts ir trīs fāžu asinhronie dzinēji ar īsi slēgtu rotoru, kuri tiek baroti no vienfāzes sprieguma avota. Ar pusvadītāju elementu slēdžiem, dzinēja statora fāžu tinumiem noteiktā secībā pieslēdzot barošanas sprieguma pozitīvos un negatīvos pusperiodus, var panākt asinhronā dzinēja rotāciju vienā vai otrā virzienā. Asinhronā dzinēja rotācijas frekvence tad ir trīs reizes mazāka nekā dzinējam trīs fāžu režīmā. Mainot barošanas spriegumu un pusperiodu pieslēgšanas secību statora fāžu tinumiem, dzinēju var darbināt svārstību režīmos. Iespējams mainīt gan rotora svārstību frekvenci, gan vārpstas pagriešanās leņķi. To panāk, nemainot spēka un vadības ķēžu konfigurāciju, bet mainot vadības kontrolēra programmu.

### **Antonovičs U., Šlēziņš J. The oscillating mode of asynchronous motor supplied from single-phase net**

In many economic sectors are used devices which operational mechanisms realize oscillating motion (vibrotransporting, vibrosorting, prepacking, polishing etc.). Electric engines are drives of these devices and oscillating motion is gained with mechanical transducer. To reduce size, material input per unit and to simplify control system are searched ways to obtain oscillations without the mechanical reducing gears. In practice are used direct and average current engines and various control methods.

The research object is three phase asynchronous engines with short concluded rotor. The engines are supplied from single – phase voltage source. With semiconductor element switches is possible to achieve rotation of asynchronous engine in one or another direction when to phase windings of engine stator are connected positive or negative half periods of supply voltage. Then rotation frequency of asynchronous engine is three times lesser than in three phase mode. With modification how half periods of supply voltage are connecting to phase windings of stator, it is possible to operate engine in various oscillating modes. It is possible to change oscillation frequency of rotor and also turning angle of shaft. It can be gained without modifying power and control circuit configuration but with some modification in program of control controller.

### **Антонович У., Шлезиный Ю. Колебательный режим асинхронного двигателя при питании от источника однофазного напряжения**

Во многих отраслях народного хозяйства используются устройства, рабочий механизм которых совершает колебательное движение (вибросортировка, расфасовка, вибротранспортирование, виброшлифовка и др.). Для привода таких устройств используются электрические двигатели, а для получения колебаний применяют различного рода механические преобразователи. В целях уменьшения габаритов устройств и материалоемкости и упрощения систем управления, ищутся пути получения колебаний без механических редукторов. На практике для этих целей используются разные типы двигателей и разные способы управления.

Объектом наших исследований является трехфазный асинхронный двигатель с коротко замкнутым ротором при питании от источника однофазного напряжения. Подключая при помощи полупроводниковых ключей к фазным обмоткам статора в определенной последовательности, подключая положительные и отрицательные полупериоды напряжения питания, можно получить вращения вала двигателя как в одном, так и в другом направлении. Частота вращения в таком режиме в 3 раза меньше чем у двигателя в трехфазном режиме. При определенной последовательности подключения полупериодов напряжения к обмоткам статора, двигатель может работать в колебательных режимах. Можно менять и частоту колебаний, и угол поворота вала двигателя. При этом силовая схема и цепь управления остаются без изменений, изменяется только программа контроллера управления