

УЎТ: 621.323

ЕМ МАЙДАЛАШ ҚУРИЛМАСИНИНГ АСИНХРОН МОТОРИНИ СТАТИК ВА ДИНАМИК РЕЖИМЛАРИНИ МАТЕМАТИК МОДЕЛЛАШТИРИШ ОРҚАЛИ БАРҚАРОР ИШ РЕЖИМДА ИШЛАШНИ ТАЪМИНЛАБ ЭНЕРГИЯ ТЕЖАМКОРЛИГИНИ АНИҚЛАШ

Н.Б.Пирматов – т.ф.д., профессор, И.Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети, А.Т.Паноев – PhD, доцент “Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизациялаш муҳандислари институти” миллий тадқиқот университети Бухоро табиий ресурсларни бошқариш институти

Аннотация

Мақолада ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон электр моторининг тезлигини частотали усулда бошқариб энергия тежамкорлигига эришиши келтирилган. Частота ўзгартгичлар ёрдамида бевосита, электр мотор частотасини ўзгартириб айланишлар сонини назорат қилиш мумкин. Бу усулнинг қулайликларидан бири шундаки, ток ва айланувчи момент ўртасида мустақкам боғлиқлик бўлгани боис, частота ўзгартгич моторни ишга тушириш вақтида ишга тушириш токини пасайтириш имконини беради. Моторни ишга тушириш вақтида мотор силлиқ ишга тушади ва ишга тушириш вақтида электр энергияси тежалади. Электр юритма – универсал ем майдалаш қурилмасини кучайтириш коэффициенти-ни $K_y=100$ да Гурвиц критерияси ёрдамида математик моделлаштириш орқали ҳисоблаб таҳлил қилинди. Бунда электр юритма – универсал ем майдалаш қурилмаси тизимида кучайтириш коэффициенти - $3,95 < K_y < 895$ оралиқда барқарор режимда ишлаши таъминланади. Универсал ем майдалаш қурилмасининг асинхрон мотори статик ва динамик режимларда оптимал бошқарилишига эришилади. Частотавий бошқариш орқали электр энергия истеъмоли 20 фоизгача ҳамда бир йилда 25920 кВт*с электр энергиясини тежалишига эришилади.

Таянч сўзлар: энергия тежамкорлик, электр юритма, частота ўзгарткич, мақбул бошқарув, ишчи механизмлар, энергия самарадорлик, фойдали иш коэффициенти.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ УСТОЙЧИВОГО РЕЖИМА РАБОТЫ ПУТЕМ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ СТАТИЧЕСКОГО И ДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМОВ АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ УСТРОЙСТВ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ КОРМОВ

Н.Б.Пирматов – д.т.н., профессор, ТГТУ имени И.Каримова, А.Т.Паноев – PhD., доцент Бухарского института управления природными ресурсами национальный исследовательский университет «Ташкентский институт инженеров ирригации и механизации сельского хозяйства»

Аннотация

В статье представлена энергоэффективность устройства измельчения кормов путём управления частотой вращения асинхронного электродвигателя. С помощью частотных преобразователей можно напрямую регулировать число оборотов, изменяя частоту электродвигателя. Одним из преимуществ этого метода является то, что, поскольку между током и крутящим моментом существует тесная связь, преобразователь частоты позволяет уменьшить пусковой ток при запуске двигателя. При запуске двигатель запускается плавно и экономит электроэнергию. Коэффициент мощности универсального измельчителя кормов рассчитан и проанализирован путем математического моделирования с использованием критерия Гурвица при 100. При этом в системе электропривод – универсальное подающее измельчающее устройство коэффициент усиления - $3,95 < K_y < 895$ обеспечивается для работы в устойчивом режиме. Асинхронный двигатель универсального измельчителя кормов оптимально управляется в статическом и динамическом режимах. Благодаря частотному регулированию потребление электроэнергии может быть снижено до 20%, а за год можно сэкономить 25 920 кВт*ч электроэнергии.

Ключевые слова: энергосбережение, электропривод, преобразователь частоты, оптимальное управление, рабочие механизмы, энергоэффективность, коэффициент полезной работы.

DETERMINATION OF ENERGY SAVING WHILE PROVIDING A STABLE OPERATION MODE BY MATHEMATICAL MODELING OF STATIC AND DYNAMIC MODES OF ASYNCHRONOUS MOTOR OF EQUIPMENT FOR GRINDING FORAGE

N.B.Pirmatov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Tashkent State Technical University named after I. Karimov, A.T.Panoev – PhD., Associate Professor of the Bukhara Institute of Natural Resource Management national research university "Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers"

Abstract

The article presents energy efficiency by controlling the rotational speed of the asynchronous electric motor of feed grinding devices. With the help of frequency converters, you can directly control the speed by changing the frequency of the electric motor. One of the advantages of this method is that since there is a close relationship between current and torque, the frequency converter can reduce the starting current when starting the motor. When starting the engine, the engine starts smoothly and saves electricity during starting. The power factor of the universal feed grinder was calculated and analyzed by mathematical modeling using the Hurwitz criterion at 100. At the same time, in the electric drive system - the universal feeding grinder, the gain factor $-3.95 < K_p < 895$ is provided for operation in a stable mode. The asynchronous motor of the universal feed chopper is optimally controlled in static and dynamic modes. Thanks to frequency control, electricity consumption can be reduced by up to 20%, and 25,920 kWt* h of electricity can be saved per year.

Key words: energy saving, electric drive, frequency converter, optimal control, operating mechanisms, energy efficiency, efficiency.

Қириш. Ҳозирги вақтда республикаимизда қишлоқ хўжалиги соҳаси борган сари такомиллашиб, ривожланиб бормоқда. Қишлоқ хўжалигида қўлланилаётган ем майдалаш қурилмаларидан фойдаланиш ҳамда унга бўлган эҳтиёжлар йил сайин ошиб бормоқда. Шунинг учун ҳам ем майдалаш қурилмаларини эксплуатация қилиш жараёнида энергия тежамкор усуллар орқали эксплуатация қилиш ҳозирги куннинг долзарб муаммоларидан бири ҳисобланилади. Пахта селекцияси, уруғчилиги, етиштириш агротехнологиялари илмий-тадқиқот институти Бухоро илмий-тажриба станциясида қўлланилиб келинаётган Украина давлатида ишлаб чиқарилган ҚДУ-2;0-1 типдаги универсал ем майдалаш қурилмасини оладиган бўлсак, бунда бу ем майдалаш қурилмасининг асинхрон моторини бир неча усуллар ёрдамида юргизиш мумкин. Бу универсал ем майдалаш қурилмаси билан маккажўхори уруғи, беда пояси, буғдой сомони, буғдой, тарик, арпа, маккажўхори пояси, ғўзапоя, маккажўхори сўтасини майдалаш ва бошқа барча қишлоқ хўжалигида етиштирилаётган уруғларни ҳам майдалаш имкониятига эга. Бу универсал ем майдалаш қурилмасидан фойдаланганда, майдалаш қурилмасининг асинхрон моторида жуда катта ток сакрашлари ҳосил бўлади, уни ишга тушириш токи ёки тормозланган ротордаги ток деб номланади. Бундан ташқари емларни ёки пояларни бирданга кўп кетиб қолган вақтда, майдалагичнинг асинхрон моторининг айланиш тезлиги пасайиб, юкламаси ошиб кетиши натижасида моторнинг ишлаш муддати қисқаради. Универсал ем майдалагичнинг асинхрон мотори чулғамлари қизиши натижасида куйиш ҳолатлари ва реактив қувват истеъмол қилишига, электр энергиясининг жуда кўп исроф қилинишига олиб келади. Универсал ем майдалаш қурилмасининг асинхрон моторини ишга тушириш жараёнида, ишга тушириш токи номинал токдан 5–10 баробар юқори бўлади. Қисқа муддат таъсир қилади, тезлашиб олганидан сўнг эса, асинхрон мотордаги ток минимал қийматга тушиб кетади. Маълумки, универсал ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон моторини тўғридан-тўғри ишга тушириш вақтида катта электр магнит моментлари ва тоқлар юзага келади. Электр магнит моментларнинг катта амплитудали силтанишлари асинхрон мотор статор чулғамида хавфли динамик

юкланишларни ҳосил қилиши мумкин ва шунингдек, электр юритманинг кинематик занжирларида механик зўриқишларни юзага келтириши ҳам мумкин. Шунинг учун бу универсал ем майдалаш қурилмасини эксплуатация қилиш жараёнида, қурилманинг асинхрон моторини ишга тушириш тоқини камайтириш, айланиш тезлигини юклагама мос равишда барқарор иш режимида ишлашини таъминлаш, реактив қувватини қоплаш, таъминот кучланишини стабиллаштириш учун ҳамда электр энергиясини тежаш мақсадида ишга туширишнинг усуллари-дан фойдаланилади.

Кўриб чиқилаётган масаланинг ҳозирги ҳолати таҳлили. Частотавий бошқариш тежамлидир, чунки у асинхрон моторнинг тезлигини ростлаш ҳисобига фойдали иш коэффициентини ошириш ва қувват исрофини камайтиришни таъминлайди. Ем майдалаш қурилмаларини ишга тушириш ва бошқаришда частота ўзгартгич ёрдамида амалга оширилиши кўрсатилган бўлиб, у автомат ва мотор орасида ўрнатилади ва моторнинг айланиш частотасини бошқаради. Электр моторининг тезлигини ўзгарттириш учун илгари тишли узатма (шестерёнка) редукторлардан фойдаланилар эди. Бу эса ўз навбатида турли қийинчиликлар келтириб чиқарган. Ишлаб чиқариш технологияларни ўзига хос томонларидан келиб чиққан ҳолда электр моторининг айланиш сонини камайтириш ёки кўпайтиришга тўғри келса, электр юритмада қўшимча механизмлардан фойдаланиш, ўз навбатида электр моторнинг қувватини ошишига олиб келган [1–20].

Масаланинг қўйилиши. Универсал ем майдалаш қурилмасини ишга тушириш ва бошқаришда частота ўзгартгич ёрдамида амалга оширилади, у автомат ва мотор орасида ўрнатилади ва моторнинг айланиш частотасини бошқаради. Электр моторининг тезлигини ўзгарттириш учун илгари тишли узатма (шестерёнка) редукторлардан фойдаланилар эди. Бу эса ўз навбатида турли қийинчиликлар келтириб чиқарган. Ишлаб чиқариш технологияларни ўзига хос томонларидан келиб чиққан ҳолда электр моторининг айланиш сонини камайтириш ёки кўпайтиришга тўғри келса, электр юритмада қўшимча механизмлардан фойдаланиш, ўз навбатида электр моторнинг қувватини ошишига олиб келган.

Универсал ем майдалаш қурилмасининг асинхрон

моторини тезлигини частота ўзгартгич ёрдамида бошқариш усули ҳисобланилади [1]. Бу универсал ем майдалаш қурилмасини ишга тушириш ва бошқаришда частота ўзгартгич ёрдамида амалга оширилади, у автомат ва асинхрон мотор орасида ўрнатилади ва асинхрон моторнинг айланиш частотаси, тезлиги частота ўзгартгич орқали бошқарилади, қўшимча тарзда электр энергия тежалишига олиб келиши қуйидаги 1-расмда кўрсатилган.

Универсал ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон моторларини эксплуатация қилиш жараёнида асинхрон моторининг айланиш тезлигини частотани ўзгартириб ростланадиган асинхрон моторларни ишга туширишда частотани маълум қонуният бўйича бошқариб ишга тушириш, статор токининг ўта ошиб кетишидан сақлайди ва шунда ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон мотори иссиқлик режими бўйича нормал ишга туширилади. Шу боис ҳам универсал ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон моторини ишга тушириш ва тўхтатишларнинг

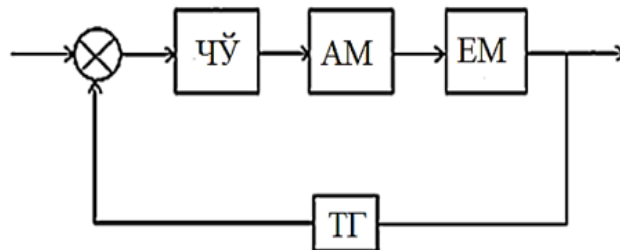


1-расм. Универсал ем майдалаш қурилмасининг асинхрон моторини частота ўзгартгич орқали бошқаришнинг умумий кўриниши

силлиқ кечишини таъминлашда, яъни катта динамик зўриқишларни пайдо бўлишига йўл қўйилмаслик асинхрон моторининг ишлаш муддатини узайтиради. Бундан мақсад универсал ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон моторини ишга тушириш ва бошқариш частота ўзгартгич ёрдамида амалга оширилади. Қуйидаги 2-расмда универсал ем майдалаш қурилмасининг асинхрон моторини частота ўзгартгич орқали бошқаришнинг ёпиқ функционал схемаси кўрсатилган.

2-расмда кўрсатилган функционал схема ночизикли объект ҳисобланади ва ночизикли дифференциал тенгламалар билан ифодаланади. Бунда универсал ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон моторини ишга тушириш ва бошқаришда частота ўзгартгич ёрдамида амалга оширилади. Тезлиги частотани ўзгартириб ростланадиган асинхрон электр юритмаларни статик режимларида электр энергияни тежаш билан бир қаторда динамик режимларида ҳам электр энергиядан самарали фойдаланиш мумкин. Шунинг учун ҳам универсал ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон моторларини эксплуатация қилиш жараёнида асинхрон моторининг айланиш тезлигини частотани ўзгартириб ростланадиган асинхрон моторларни қўллаб ишга туширишда частотани маълум қонуният бўйича бошқариб ишга тушириш, статор токининг ўта ошиб кетишидан сақлашини ва шунда универсал ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон мотори барқарор режимида ишлашини таъминлашни математик моделлаштиришдаги ҳисоблашларимиз натижасида амалга оширилади [4].

Натижалар таҳлили ва мисоллар. Маълумки, кичик фарқ қилувчи динамик тизимларни маълум бир барқарор ҳолатида тенгламалар системасини чизикли ҳолга келтириш мумкин, сўнгра узатиш функциясини олиш мумкин. 3-расмда кўрсатилган функционал схемаси учун электр юритманинг ҳаракат тенгламаси қуйидагича бўлади:



2-расм. Ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон моторини частотали бошқаришнинг ёпиқ функционал схемаси: ЧЎ – частота ўзгартгич, АМ – асинхрон мотор, ТГ – тахогенератор, ЕМ – ем майдалаш қурилмаси

$$M_{эм} - M_c = J \cdot \frac{\partial}{\partial t} \omega \quad (1)$$

бу ерда: J – инерция моменти; ω – номинал бурчак тезлиги.

(1) тенгламада танланган кичик фарқли ишчи нуқталарда ем майдалаш қурилмаларида энг кўп ишлатиладиган электр моторларидан бири асинхрон моторлари ҳисобланади.

$M_c = const$ шарт учун тенглама қуйидаги кўринишга келади:

$$\Delta M = J \cdot \frac{\partial}{\partial t} \Delta \omega \quad (2)$$

(2) формулани оператор кўринишида қуйидагича ёзиш мумкин:

$$\Delta \omega (p) = \Delta M (p) / Jp \quad (3)$$

У ҳолда динамик звонининг узатиш функциясини қуйидагича ёзиш мумкин:

$$W_d (p) = \Delta \omega (p) / \Delta M (p) = 1 / Jp \quad (4)$$

Ем майдалаш қурилмаларининг асинхрон электр юритма электромагнит моментининг кичик чегараларидаги ўзгариши қуйидаги кўринишида бўлади:

$$\Delta M = (E_B - 6 \cdot x_p \cdot I_{B0} / \pi) \cdot \Delta I_B / \omega \quad (5)$$

ёки оператор кўринишида қуйидагича ёзиши мумкин:

$$\Delta M (p) = (E_B - 6 \cdot x_p \cdot I_{B0} / \pi) \cdot \Delta I (p) / \omega \quad (6)$$

(6)дан динамик звонининг узатиш функциясини қуйидагича ифодалаш мумкин:

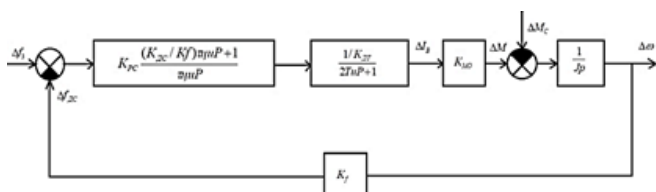
$$\Delta W_{эм}(p) = \Delta M(p) / \Delta I_B(p) = K_{M0} = (E_B - 6 \cdot x_p \cdot I_{B0} / \pi) / \omega \quad (7)$$

Ростлаш контурини тезлик регулятори (3-расм) орқали оптималлаш, симметрик оптимум шarti асосида амалга оширилади.

Очиқ контурнинг узатиш функциясини қуйидаги кўринишида ёзиши мумкин:

$$\Delta W_0(p) = \Delta K'_{PC} \cdot \frac{p \cdot T_{ИЗ} + 1}{p \cdot T_{ИЗ}} \cdot \frac{1 / K_{ДИ}}{2 \cdot p \cdot T_{И} + 1} \cdot \frac{K_{M0}}{J \cdot p} \quad (8)$$

Ёпиқ ростлаш контурининг узатиш функциясини қуйидаги кўринишида ёзиш мумкин:



3-расм. Тезликни ростлаш контурининг структуравий схемаси

$$\Delta W_s(p) = \frac{W_0(p) \cdot K_{PC} \cdot K_{MO} \cdot (p \cdot T_{ИЗ} + 1) / K_{ДТ}}{1 + W_0(p) \cdot K_f \cdot p^2 \cdot T_{ИЗ} \cdot J \cdot (2 \cdot p \cdot T_{И} + 1) + K_f \cdot K_{PC} \cdot K_{MO} \cdot (p \cdot T_{ИЗ} + 1) / K_{ДТ}} \quad (9)$$

ёки

$$\Delta W_s(p) = \frac{(p \cdot T_{ИЗ} + 1) / K_f}{[J \cdot T_{ИЗ} \cdot K_{ДТ} / (K'_{PC} \cdot K_{MO} \cdot K_f)] \cdot p^2 \cdot (2 \cdot T_{И} \cdot p + 1) + p \cdot T_{ИЗ} + 1} \quad (10)$$

Куйидаги ўзгартиришлар киритилади:

$$B' = J \cdot T_{ИЗ} \cdot K_{ДТ} / (K'_{PC} \cdot K_{MO} \cdot K_f); \quad T = 2 \cdot T_{И} \quad (11)$$

У ҳолда симметрик оптимум шартига кўра $B' = T^2$, $T = 4 \cdot T$ тезлик ростлагич параметрларининг боғлиқлик тенгнамалари куйидагича ифодаланади:

$$T_{ИЗ} = 8 \cdot T_{И}; \quad K'_{PC} = J \cdot K_{ДТ} / (4 \cdot T_{И} \cdot K_{MO} \cdot K_f) \quad (12)$$

(12) тенгламани (9)га қўйиб, тезликни ростлаш ёпиқ контурининг узатиш функцияси формуласи куйидагича ифодаланади:

$$\Delta W_s(p) = \frac{(1 + 8 \cdot T_{И} \cdot p) / K_f}{64 \cdot T_{И}^3 \cdot p^3 + 32 \cdot T_{И}^2 \cdot p^2 + 8 \cdot T_{И} \cdot p + 1} \quad (13)$$

Тезлик регуляторининг узатиш функцияси (12)га асосан куйидаги кўринишга эга бўлади:

$$\Delta W_{PC}(p) = \frac{J \cdot K_{ДТ} \cdot (1 + 8 \cdot T_{И} \cdot p)}{32 \cdot K_{MO} \cdot K_f \cdot T_{И}^2 \cdot p} \quad (14)$$

Бунда тезлик регуляторининг параметрлари K_{PC} ва $\tau_{ЦИ}$ куйидагича аниқланади:

$$K_{PC} = J \cdot K_{ДТ} / (4 \cdot T_{И} \cdot K_{MO} \cdot K_{ДС}); \quad (15)$$

$$\tau_{ЦИ} = 8 \cdot K_f \cdot T_{И} / K_{ДС}. \quad (16)$$

2-расмдаги сруктуравий схема учун дифференциал тенгнамалари куйидагича ифодаланади:

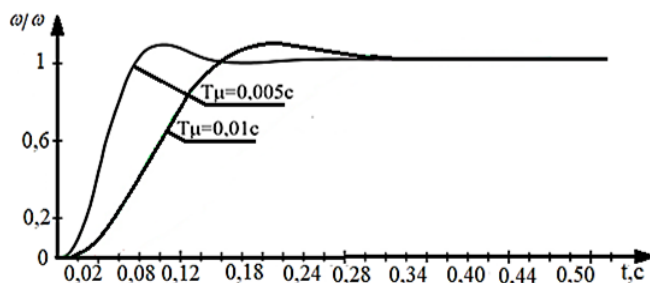
$$\frac{\partial \omega}{\partial t} = (K_{MO} \cdot I_B) / J; \quad (17)$$

$$\frac{\partial I_B}{\partial t} = (U_y / K_{ДТ} - I_B) / (2 \cdot T_{И}); \quad (18)$$

$$\frac{\partial U_y}{\partial t} = K'_{PC} \cdot [(f_3 - K_f \cdot \omega) / 8 \cdot T_{И}] - K_f \cdot (\partial / \partial t \cdot \omega); \quad (19)$$

Бу дифференциал тенгнамалар системасини Рунге-Кутта услуби ёрдамида ечиб, универсал ем майдалаш қурилмасининг асинхрон электр юритмаси бурчак тезлигининг ўзгариш графигини олиш мумкин (4-расм). 4-расмда вақт доимийси учун турли қийматлари учун универсал ем майдалаш қурилмаси асинхрон моторининг бурчак тезлигининг ўзгариш графиги кўрсатилган. Графикдан кўринадики, вақт доимийсининг ошиши билан системанинг тезлиги камаяди. Шу билан бирга ўта ростлаш ҳам камаяди.

Электр юритма – универсал ем майдалаш қурилмаси тизимининг барқарорлиги, узлуксиз бир-бирига боғлиқ



4-расм. Универсал ем майдалаш қурилмасидаги асинхрон электр юритмасининг бурчак тезлигининг ўзгариш графиги

тизимнинг барқарорлигини тадқиқ этиш, чизиқли боғлиқ бўлмаган тизим барқарорлигидан фарқ қилмайди. Шунинг учун кўрилайтган тизимнинг барқарорлигини тадқиқ этишни барқарорликнинг маълум бўлган критериялари асосида амалга оширилади. Электр юритма – универсал ем майдалаш қурилмаси тизимининг барқарорлигини таҳлил этишни кучайтириш коэффиценти бўйича Д бўлақларига бўлиш чегараларидаги эгри чизикларини қуришдан бошланади. Системанинг характеристик тенгламасини содда кўринишда (20) ёзилади ва уни кучайтириш коэффицентига нисбаттан ечиб ҳамда оператор p ни $j\omega$ га алмаштирилади:

$$a_0 p^6 + a_1 p^5 + a_2 p^4 + a_3 p^3 + a_4 p^2 + a_5 p + a_6 = 0, \quad (20)$$

$$\text{бу ерда } a_0 = b_0 c_0; \quad b_0 = J_1 J_2 (R_{1\sigma} R_{2\sigma} T_{\omega 1} T_{\omega 2} - R_{\omega 0} T_{\omega 0}^2); \quad (21)$$

$$c_0 = (K_{T1} T_{T1} + K_{N1} T_{N1}) (K_{T3} T_{T3} + K_{N2} T_{N2}) - K_{T2}^2 T_{T2}^2;$$

$$a_1 = b_0 c_1 + b_1 c_0; \quad b_1 = J_1 J_2 [R_{1\sigma} R_{2\sigma} (T_{\omega 1} + T_{\omega 2}) - 2R_{\omega 0}^2 T_{\omega 0}^2] \quad (22)$$

$$c_1 = (K_{T3} + K_{N2}) (K_{T1} T_{T1} + K_{M1} T_{M1}) + (K_{T1} + K_{N1}) (K_{T3} T_{T3} + K_{N2} T_{N2}) - 2R_{T2}^2 T_{T2}^2;$$

$$a_2 = b_2 c_0 + b_1 c_1 + b_0 c_2;$$

$$b_2 = J_1 J_2 (R_{1\sigma} R_{2\sigma} - R_{\omega 0}^2) + R_{1\sigma} K_{E2} K_{M2} J_1 T_{\omega 1} + R_{2\sigma} K_{E1} K_{M1} J_2 T_{\omega 2}$$

$$c_2 = (K_{T1} + K_{N1}) (K_{T3} + K_{N2}) - K_{T2}^2; \quad (23)$$

$$a_3 = b_1 c_2 + b_2 c_1 + b_3 c_0 + K_y K_U K_\theta (c_3 d_1 + c_4 d_2);$$

$$b_3 = R_{1\sigma} K_{E2} K_{M2} J_1 + R_{2\sigma} K_{E1} K_{M1} J_2; \quad (24)$$

$$c_3 = K_{T1} T_{M1} + K_{T1} T_{T1} - K_{T2} T_{T2};$$

$$c_4 = K_{N2} T_{N2} + K_{T3} T_{T3} - K_{T2} T_{T2};$$

$$d_1 = K_{M2} K_{\omega 2} J_1 (R_{1\sigma} T_{\omega 1} - R_{\omega 0} T_{\omega 0});$$

$$d_2 = K_{M1} K_{\omega 1} J_2 (R_{2\sigma} T_{\omega 2} - R_{\omega 0} T_{\omega 0});$$

$$a_4 = b_2 c_2 + b_3 c_1 + b_4 c_0 + K_y K_U K_\theta (c_3 d_3 + c_4 d_4 + c_5 d_1 + c_6 d_2)$$

$$b_4 = K_{E1} K_{E2} K_{M1} K_{M2};$$

$$c_5 = (K_{N1} + K_{T1} - K_{T2}); \quad c_6 = (K_{N2} + K_{T3} - K_{T2})$$

$$d_3 = K_{M2} K_{\omega 2} J_1 (R_{1\sigma} - R_{\omega 0});$$

$$d_4 = K_{M1} K_{\omega 1} J_2 (R_{2\sigma} - R_{\omega 0});$$

$$a_5 = b_3 c_2 + b_4 c_1 + K_y K_U K_\theta (c_3 b_5 + c_4 b_6 + c_5 d_3 + c_6 d_4)$$

$$b_5 = K_{E1} K_{M1} K_{M2} K_{\omega 2}; \quad (25)$$

$$b_6 = K_{E2} K_{M2} K_{M1} K_{\omega 1};$$

$$a_6 = K' \left(\frac{K}{K'} + K_y \right); \quad K' = K_U K_\theta (b_3 c_5 + b_4 c_6) = K_U K_\theta K_{M1} K_{M2} [K_{E1} K_{\omega 2} (K_{N1} + K_{T1} - K_{T2}) + K_{E2} K_{\omega 1} (K_{N2} + K_{T3} - K_{T2})];$$

$$K = K_{E1} K_{E2} K_{M1} K_{M2} [(K_{N1} + K_{T1}) (K_{N2} + K_{T3}) - K_{T2}^2]. \quad (26)$$

$$\frac{K}{K_y} = - \frac{C(j\omega)}{G(j\omega)} \quad (27)$$

$$C(j\omega) = a_0(j\omega)^6 + a_1(j\omega)^5 + a_2(j\omega)^4 + (b_2c_2 + b_2c_1 + b_3c_0)(j\omega)^3 + b_2c_2 + b_3c_1 + b_4c_0)(j\omega)^2 + (b_3c_2 + b_4c_1)j\omega + b_4c_2;$$

$$G(j\omega) = K_y K_\delta [(d_1c_3 + d_2c_4)(j\omega)^3 + (d_1c_5 + d_2c_6 + d_3c_3 + d_4c_4)(j\omega)^2 + d_3c_5 + d_4c_6 + b_5c_3 + b_6c_4] j\omega + b_5c_5 + b_6c_6]; \text{ ёки}$$

$$\overline{K}_y = \frac{a_0\omega^6 - a_2\omega^4 + (b_2c_2 + b_3c_1 + b_4c_0)\omega^2 - b_4c_4 + K_V K_\delta \{[(b_5c_5 + b_6c_6) - (d_1c_5 + d_2c_6 + d_3c_3 + d_4c_4)\omega^2] + j[(b_2c_2 + b_2c_1 + b_3c_0)\omega^3 - a_1\omega^5 - (b_3c_2 + b_4c_1)\omega] + j[(d_3c_5 + d_4c_6 + b_5c_3 + b_6c_4)\omega - (d_1c_3 + d_2c_4)\omega^3]\}}{28\text{-тенглама ҳақиқий ва хаёлий қисмларга бўлинади:}}$$

28-тенглама ҳақиқий ва хаёлий қисмларга бўлинади:

$$\overline{K}_y = A(\omega) + j B(\omega) \quad (29)$$

$$A(\omega) = \frac{[a_0\omega^6 - a_2\omega^4 + (b_2c_2 + b_3c_1 + b_4c_0)\omega^2 - b_4c_4] * K_V K_\delta \{[(b_5c_5 + b_6c_6) - (d_1c_5 + d_2c_6 + d_3c_3 + d_4c_4)\omega^2]^2 + [(b_3c_2 + b_4c_1)\omega - (d_1c_3 + d_2c_4)\omega^3]^2 + [(d_3c_5 + d_4c_6 + b_5c_3 + b_6c_4)\omega - (d_1c_3 + d_2c_4)\omega^3]^2\}}{[h_2c_2 + b_2c_1 + b_3c_0]\omega^3 - a_1\omega^5 - (b_3c_2 + b_4c_1)\omega - (d_1c_3 + d_2c_4)\omega^3];}$$

$$B(\omega) = \frac{[(b_3c_2 + b_4c_1)\omega - (d_1c_3 + d_2c_4)\omega^3] * K_V K_\delta \{[(b_5c_5 + b_6c_6) - (d_1c_5 + d_2c_6 + d_3c_3 + d_4c_4)\omega^2]^2 + [(b_2c_2 + b_2c_1 + b_3c_0)\omega^3 - a_1\omega^5 - (b_3c_2 + b_4c_1)\omega] - [(d_3c_5 + d_4c_6 + b_5c_3 + b_6c_4)\omega - (d_1c_3 + d_2c_4)\omega^3]^2\}}{[a_0\omega^6 - a_2\omega^4 + (b_2c_2 + b_3c_1 + b_4c_0)\omega^2 - b_4c_4] * [(d_3c_5 + d_4c_6 + b_5c_3 + b_6c_4)\omega - (d_1c_3 + d_2c_4)\omega^3]} \quad (30)$$

Универсал ем майдалаш қурилмасидаги 4A90L6У3 типли асинхрон моторининг маълумотномалардан олинган қуйидаги параметрлари ва коэффициентлари берилган:

$$R_{1\Omega} = R_{2\Omega} = 0,15 \text{ Ом} \quad K_{\omega 1} = K_{\omega 2} = 0,45 \text{ м с};$$

$$K_{E1} = K_{E2} = 4,6 \text{ В с}; \quad K_{N1} = K_{N2} = 7 \text{ с/м}^2;$$

$$K_{M1} = K_{M2} = 5,01 \text{ В с}; \quad K_{T1} = K_{T3} = 28 \text{ с/м}^2;$$

$$J_1 = J_2 = 45 \text{ кгм с}^2; \quad T_{\omega 1} = T_{\omega 2} = 0,01 \text{ с};$$

$$R_{\omega 0} = 0,11 \text{ Ом}; \quad K_{T2} = 26 \text{ с/м}^2;$$

$$K_V = 110 \text{ В}; \quad T_{T1} = T_{T3} = 1,5 \text{ с};$$

$$K_\delta = 0,46 \text{ В с/м}^3; \quad T_{T2} = 1,59 \text{ с};$$

$$T_{\omega 0} = 0,002 \text{ с}; \quad T_{N1} = T_{N2} = 0,011 \text{ с};$$

1-жадвалда универсал ем майдалаш қурилмасининг асинхрон моторининг Д бўлақларга бўлиш эгри чизик координаталарда ҳисобланган қийматлар кўрсатилган.

Ихтиёрий «т» нуқта учун кучайтириш коэффициентини $K_y=100$ га Гурвиц критерияси ёрдамида барқарорлик аниқланади. Олтинчи тартибли барқарорлик шартига асосан коэффициентларнинг нисбат қийматлари қуйидагича аниқланилади:

$$\Delta_3 = a_3\Delta_2 - a_1(a_1a_4 - a_0a_5) = a_3(a_1a_2 - a_0a_3) - a_1(a_1a_4 - a_0a_5) > 0$$

$$\Delta_5 = a_5\Delta_4 + a_6[(a_1a_2 - a_0a_3)(2a_1a_5 - a_2^2) + a_1a_3(a_1a_4 - a_0a_5) - a_1^2a_6 = a_5[(a_1a_2 - a_0a_3)(a_3a_4 - a_2a_5) - (a_1a_4 - a_0a_3)^2] + a_6[(a_1a_2 - a_0a_3) * (2a_1a_5 - a_2^2) + a_1a_3(a_1a_4 - a_0a_5) - a_1^2a_6] > 0$$

Текшириш натижасида қуйидагилар аниқланди: $\Delta_3 = 52,12 * 10^{12} > 0$; $\Delta_5 = 198,27 * 10^{25} > 0$.

Шундай қилиб, электр юритма – универсал ем майдалаш қурилмаси тизими - $3,95 < K_y < 895$ оралиқда барқарор ишлайди.

Бу усулнинг қулайликларидан бири шундаки, асинхрон мотор, ток ва айланувчи момент ўртасида мустақкам боғлиқлик бўлгани боис, частота ўзгартгич ишга тушириш тоқини пасайтириш имконини беради. Универсал ем майдалаш қурилмасининг асинхрон моторини силлиқ ишга тушириш қурилмаларининг ишлаш принципи барча силлиқ ишга тушириш қурилмалари бу таъсир этувчи кучланиш қийматининг тиристорли ростлагичлари бўлиб, ростлаш схемаси, универсал ем майдалаш қурилмасининг асинхрон моторига тушаётган юкламага боғлиқ равишда ўзгартириш алгоритмлари, сервис функциялари билан бир-биридан фарқланиши мумкин.

Универсал ем майдалаш қурилмасидаги асинхрон моторини тезлигини силлиқ ишга туширишда энг яхши натижаларга эришишни таъминловчи, функционал жиҳатдан ҳам, техник жиҳатдан мукамал ечим бўлиб, айланиб ўтувчи контакторга уланмасдан, бошқарув занжирларида доимий қоладиган, контактларни учқунланиши мутлақ бўлмайди.

Техник жиҳатдан қўлланилиш соҳаси универсал бўлиб, универсал ем майдалаш қурилмасининг асинхрон моторини динамик тормозлаш ва асинхрон моторини тескари айлантиришда қўллаш имкони мавжуд. Уч фазали бошқариш белгиланган алгоритмларни қўлланилганда универсал ем майдалаш қурилмасининг асинхрон моторининг ишлашини оптималлаштириши орқали асинхрон мотор энергетик характеристикаларини яхшилаш мумкин.

Шундай қилиб, универсал ем майдалаш қурилмасининг асинхрон моторини силлиқ юргизиб юбориш, асинхрон моторни самарали ишга тушириш ва универсал ем майдалаш қурилмасини ишга яроқсиз бўлиб қолишдан ҳимоялайди.

Универсал ем майдалаш қурилмасининг асинхрон моторини силлиқ юргизиб юбориш универсал ем майдалаш қурилмасини самарали қўлланилиши белгиланган номинални аниқ танлов шартигагина мақсадга мувофиқ бўлади. Бундай танловнинг мезони бўлиб одатда асинхрон мотор юкламаси тури, ишга тушириш параметрлари ва паспорт маълумотлари ҳисобланади.

Шунинг учун универсал ем майдалаш қурилмасининг асинхрон моторини силлиқ юргизиб юбориш қурилмасини танлашда унинг келажакдаги қўлланилиш соҳасини ҳисобини олиш муҳимдир. Бу мақсадга эришиш учун универсал ем майдалаш қурилмасининг асинхрон моторининг айланиш частотасини бошқариш йўли билан юкламага мос равишда бошқариш имконини беради ва натижада электр энергияни тежалишига олиб келади.

Кучланиш тармоғига (U=380 В) автомат уланади, автомат ва асинхрон мотор орасида частота ўзгартгич ўрнатилган бўлиб, у универсал ем майдалаш қурилмасининг

1-жадвал

Универсал ем майдалаш қурилмасининг асинхрон моторининг Д бўлақларга бўлиш эгри чизик координаталарда ҳисобланган қийматлари

ω	0	0,5	1	2	5	10	12	15	18	20	25
A(ω)	-3,95	-3,12	-1,2	-5,61	58,1	250	320,1	492	772,4	1025	1460
B(ω)	0	-3,45	-7,23	-13,8	-30,6	-48,9	-47,12	-32,3	-7,9	21,4	120

асинхрон моторининг айланиши частотасини бошқаради. Универсал ем майдалаш қурилмасининг асинхрон моторини ёқиш вақтида оҳиста ишлайди. Бундан ташқари ишга тушириш ва эксплуатация жараёнида сарфланадиган электр энергиясининг 20 фоизгача тежалишига олиб келади.

Хулоса. Пахта селекцияси, уруғчилиги, етиштириш агротехнологиялари илмий-тадқиқот институтининг Бухоро илмий-тажриба станциясида қўлланилиб келинаётган Украина давлатида ишлаб чиқарилган ҚДУ-2;0-1 типдаги универсал ем майдалаш қурилмасининг асинхрон моторини эксплуатация қилиш жараёнида, электр юритма – универсал ем майдалаш қурилмаси тизимининг барқарорлигини таҳлил этишда кучайтириш коэф-

фициенти бўйича Д бўлақларга бўлиш чегараларидаги эгри чизиклари қурилди. Электр юритма – универсал ем майдалаш қурилмасини кучайтириш коэффициентини $K_y = 100$ да Гурвиц критерияси ёрдамида математик моделлаштириш орқали ҳисоблаб таҳлил қилинди. Бунда электр юритма – универсал ем майдалаш қурилмаси тизимида кучайтириш коэффициентини $3,95 < K_y < 895$ ораликда барқарор режимда ишлаши аниқланди. Шунда универсал ем майдалаш қурилмасининг асинхрон мотори статик ва динамик режимларда оптимал бошқарилишига эришилди. Частотавий бошқариш орқали электр энергия истеъмоли 20 фоизгача ҳамда бир йилда 25920 кВт*с электр энергиясини тежалишига эришилди.

№	Адабиётлар	References
1	Baratov R., Pirmatov N., Panoev A., Chulliyev Ya., Ruziyev S. and Mustafuqulov A. Achievement of electric energy savings through controlling frequency convertor in the operation process of asynchronous motors in textile enterprises IPICSE 2020 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1030 (2021) 012161 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/1030/1/012161	Baratov R., Pirmatov N., Panoev A., Chulliyev Ya., Ruziyev S. and Mustafuqulov A. Achievement of electric energy savings through controlling frequency convertor in the operation process of asynchronous motors in textile enterprises IPICSE 2020 IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1030 (2021) 012161 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/1030/1/012161
2	Pirmatov N., Bekishev A., Shernazarov S., Kurbanov N., Norkulov U. Regulation of mains voltage and reactive power with the help of a synchronous compensator by two-axis excitation E3S Web of Conferences, 2021, 264, 04028	Pirmatov N., Bekishev A., Shernazarov S., Kurbanov N., Norkulov U. Regulation of mains voltage and reactive power with the help of a synchronous compensator by two-axis excitation E3S Web of Conferences, 2021, 264, 04028
3	Toirov O., Alimkhodjaev K., Pirmatov N., Kholbutaeva A. Mathematical model to take into account the influence of saturation of the magnetic circuit on the starting characteristics of a synchronous motor. E3S Web of Conferences, 2020, 216, 01119	Toirov O., Alimkhodjaev K., Pirmatov N., Kholbutaeva A. Mathematical model to take into account the influence of saturation of the magnetic circuit on the starting characteristics of a synchronous motor. E3S Web of Conferences, 2020, 216, 01119
4	E Usmanov, R Karimov, M Bobojanov, A Rasulov, Controlled switching circuits based on non-linear resistive elements, (E3S Web of Conferences, 139, 01039, 2019),	E Usmanov, R Karimov, M Bobojanov, A Rasulov, Controlled switching circuits based on non-linear resistive elements, (E3S Web of Conferences, 139, 01039, 2019),
5	Pirmatov N., Panoev A. Frequency control of asynchronous motors of looms of textile enterprises E3S Web of Conferences, 2020, 216, 01120 .	Pirmatov N., Panoev A. Frequency control of asynchronous motors of looms of textile enterprises E3S Web of Conferences, 2020, 216, 01120 .
6	R.Karimov, M.Bobojanov and others. Non-contact controlled voltage stabilizer for power supply of household consumers, (IOP Conf. Series: Materials Science and Eng.: 883(1), 012120, 2020).	R.Karimov, M.Bobojanov and others. Non-contact controlled voltage stabilizer for power supply of household consumers, (IOP Conf. Series: Materials Science and Eng.: 883(1), 012120, 2020).
7	R.Karimov, A.Kuchkarov and others. Analysis and study of energy efficiency by the operation of a voltage stabilizer (Journal of Physics: Conference Series 2094, 052050, 2021).	R.Karimov, A.Kuchkarov and others. Analysis and study of energy efficiency by the operation of a voltage stabilizer (Journal of Physics: Conference Series 2094, 052050, 2021).
8	Sh.Rakhmanov, N.Azizova, D.Abdullaeva, A.Abduganiev, A.Akbaraliev, E.Kamolov. Automatic control system for the technological process of chlorella cultivation. Scopus, CONMECHYDRO – 2020.	Sh.Rakhmanov, N.Azizova, D.Abdullaeva, A.Abduganiev, A.Akbaraliev, E.Kamolov. Automatic control system for the technological process of chlorella cultivation. Scopus, CONMECHYDRO – 2020.
9	A.Раджабов, А.Бокиев. Ўзбекистон Республикаси агросаноат мажмуида электр энергияси истеъмоли меъёрларини такомиллаштириш (Монография). – Тошкент, ТИҚХММИ, 2019. – 96 б.	A.Radjabov, A.Bokiev. <i>Uzbekiston Respublikasi agrosanoat majmuida elektr energiyasi iste'moli meyorlarini takomillashtirish</i> (Monograph) TIQKMMI 2019, T-2019, 96b.

10	З.Джумабаева., А.Бердышев., М.Ибрагимов., А.Джумабаев. "Қишлоқ ва сув хўжалигининг замонавий муаммолари" мавзuidaги конференция мақолалари тўплами. – Тошкент, 2020. – Б. 68-74.	Z.Djumabayeva, A.Berdishev, M.Ibragimov, A.Djumabayev. "Qishloq va suv xo'jaligining zamonaviy muammolari" mavzuidagi konferensiya maqolalari to'plami. Tashkent, 2020, B. 68-74.
11	А.А.Турдибаев, Н.А.Айтбаев. Ичимлик сувни тозалашда электрфизик таъсирлардан фойдаланиш // Журнал Scientific-methodical journal. – Тошкент, 2021. – Б. 40-46. ISSN (E) – 2181 – 1334.	A.A. Turdibaev, N.A. Aytbaev <i>Ichimlik suvni tozalashda jelektorfizik ta'sirlardan foj dalanish</i> [Using electrophysical effects in drinking water purification] Uzacademia scientific-methodical journal. Tashkent, 2021. Pp 40-46. ISSN (E) – 2181 – 1334 (in Uzbek)
12	Pirmatov N., Bekishev A., Shernazarov S., Kurbanov N., E3S Web of Conferences, 2021, 264, 04028, Regulation of mains voltage and reactive power with the help of a synchronous compensator by two-axis excitation, https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126404028	Pirmatov N., Bekishev A., Shernazarov S., Kurbanov N., E3S Web of Conferences, 2021, 264, 04028, Regulation of mains voltage and reactive power with the help of a synchronous compensator by two-axis excitation, https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126404028
13	Ражабов А., Мусабеков А. Автономный комплекс обеззараживания воды в сельской местности Узбекистана // ГЕЛИ-ОТЕХНИКА Международный журнал. 2019. – Том 55. – №1. – С 45-56.	Rajabov A., Musabekov A. <i>Avtonomnyy kompleks obezzarazhivaniya vody v sel'skoy mestnosti Uzbekistana</i> //GELIOTEKHNIKA Mezhdunarodnyy zhurnal. 2019, Tom 55, №1 str.45-56.
14	А.Раджабов, А.Бокиев. Ўзбекистон Республикаси агросаноат мажмуида электр энергияси истеъмоли меъёрларини такомиллаштириш (монография). – Тошкент, ТИҚХММИ, 2019. – 96 б.	Radjabov A., A. Bokiev <i>Uzbekiston Respublikasi agrosanoat majmuida elektr energiyasi iste'moli meyorlarini takomillashtirish</i> // monograph ТИҚХММИ 2019, Т-2019, 96б.
15	Юнусов Р.Ф. Автоматизированный линейный асин-хронный электропривод платформенного кормораздатчика. В кн.: Рациональное использование электроэнергии в сельском и водном хозяйстве. Сб.науч.тр. / ТИИИМСХ. – Ташкент, 1998. – С. 111-118.	Yunusov R.F. Automated linear asynchronous electric drive of a platform feeder. - In the book: Rational use of electricity in agriculture and water management. Collection of scientific works / ТИИИМСХ, Tashkent, 1998, pp. 111-118.
16	Конярев О.С. Обеспечение эксплуатационной надежности асинхронных двигателей малой и средней мощности. Автореф. дис. на соиск. уч. степени к.т.н. – Томск: ТПУ, 2000. – 19 с.	Konarev O.S. Ensuring the operational reliability of asynchronous motors of small and medium power.- Abstract of the thesis. dis. for the competition uch. Ph.D. degree. Tomsk: TPU, 2000. 19 p.
17	А.А.Турдибаев, Н.А.Айтбаев Коллектор-дренаж сувларини электр кимёвий активлаштиришда энергия самардор электротехнологияни қўллаш // "Электр энергиясини ишлаб чиқариш, узатиш ва тақсимлаш ҳамда ундан оқилона фойдаланишнинг долзарб муаммолари" мавзuidaги конференция мақолалари тўплами – Тошкент, 2020. – Б. 163-164.	A.A. Turdibaev, N.A. Aytbaev <i>Kollektor-drenazh suvlarini elektr kimjoviy aktivlashtirishda energiya samarador elektrotehnologiyani kullash</i> [Application of energy-efficient electrotechnology in electrochemical activation of collector-drainage waters] "generation, transmission and distribution of electrical energy as well as problems of reasonable USE" Tashkent 2020. Pp 163-164. (in Uzbek)
18	А.С.Бердышев, А.А.Турдибаев, Н.А.Айтбаев. Обеззараживание жидкости методом электрогидравлического удара // "Ўзбекистонда фанлараро инновациялар ва илмий тадқиқотлар" журнали. – Тошкент, 2021. – Б. 176-186.	A.S. Berdishev, A.A. Turdibaev, N.A. Aitbaev <i>Obezzarazhivanie zhidkosti metodom elektrogidravlicheskogo udara</i> [Liquid disinfection by the method of electrohydraulic impact] journal of interdisciplinary innovations and scientific research in uzbekistan. Tashkent 2021. Pp 176-186. (in Russian)
19	Бердышев А.С. Исследование воздействий электромагнитных полей на процесс обеззараживания воды // Журнал «Вестник науки» Акмолский сельскохозяйственный институт. – Акмола, 2006. – №4. – С. 311-313.	Berdyshev A.S. <i>Issledovanie vozdeystviy elektromagnitnyh poley na process obezzarajivaniya vody</i> [Study of the effects of electromagnetic fields on the process of water disinfection] journal "Herald of Science", Akmoli Agricultural Institute - Akmola, 2006. №. 4, Pp. 311-313. (in Russian)
20	Топорков В.Н., Королев В.А. Энергоэффективные электроимпульсные технологии в агротехнологических системах // Вестник ВИЭСХ. – 2018. – N2(31). – С. 85-89.	Toporkov V.N., Korolev V.A. <i>Jenergojefektivnye jelektroimpul'snye tehnologii v agrotehnologicheskix sistemah</i> // Vestnik VIJeSH. 2018. N2(31). S. 85-89. [Toporkov V.N., Korolev V.A. Energy-efficient electropulse technologies in agrotechnological systems. Vestnik VIESKh. 2018. N2(31). pp. 85-89]. (in Russian)