

Сапарғалиев М.А., магистр технических наук, <https://orcid.org/0009-0009-3984-4239>
Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана, Жангир хана 51,
Уральск, Республика Казахстан, marlen.armanuly@mail.ru

Sapargaliyev M.A., master of technical sciences, <https://orcid.org/0009-0009-3984-4239>
NJSC «West Kazakhstan Agrarian and Technical University named after Zhangir khan», Uralsk, st.
Zhangir khan 51, 090009, Kazakhstan, marlen.armanuly@mail.ru

**ВЛИЯНИЯ ИСТОЧНИКОВ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ГЕНЕРАЦИИ НА
НЕСИММЕТРИЧНУЮ СЕТЬ IEEE 13-BUS
INFLUENCE OF SOURCES OF DISTRIBUTED GENERATION AND NON-
SYMMETRICAL NETWORK IEEE 13-BUS**

Аннотация

С каждым годом в мире набирает популярность распределенная генерация. Децентрализация источников мощности позволит покрывать пиковые часы в суточном графике, однако немаловажным остается вопрос влияния источников РГ на несимметричные распределительные сети. В качестве источников РГ можно использовать инверторы, накопители электроэнергии, PV-панели, электромобили и конденсаторы. В данной статье приведены результаты исследования установки источников РГ в несимметричную тестовую сеть IEEE 13-Bus. В качестве источников РГ были использованы конденсаторы и PV-панели. Целью исследования определены минимизация отклонения напряжений в узлах по фазам и снижение потерь активной мощности. Темпы роста экономики ведут к увеличению потребления товаров и энергии, а технологии оцифровки способствуют производству резко возрастающих объемов данных, получаемых от людей и датчиков. Все эти факторы приводят к повышению сложности управления и проектирования инфраструктур, а также к возникновению огромной проблемы хранения больших объемов цифровых данных. Децентрализация генерации электроэнергии обусловлена необходимостью снижения сложности управления инфраструктурами без перегрузки центров принятия. Большой толчок развитию распределенной генерации (РГ) в области возобновляемых источников энергии (ВИЭ) был дан в последние два десятилетия государственными стимулами по всему миру.

ANNOTATION

Every year, distributed generation is gaining popularity around the world. Decentralization of power sources will make it possible to cover peak hours in the daily schedule, but the issue of the influence of DG sources on asymmetrical distribution networks remains important. Inverters, electricity storage devices, PV panels, electric vehicles and capacitors can be used as DG sources. This article presents the results of a study of installing DG sources in a single-ended IEEE 13-Bus test network. Capacitors and PV panels were used as RG sources. The purpose of the study was to minimize voltage deviations in nodes by phase and reduce active power losses. . Economic growth is leading to increased consumption of goods and energy, and digitization technologies are facilitating the production of dramatically increasing amounts of data from people and sensors. All of these factors lead to increased complexity in managing and designing infrastructures, as well as the enormous challenge of storing large amounts of digital data. Decentralization of electricity generation is driven by the need to reduce the complexity of managing infrastructures without overloading adoption centers. A major push for the development of distributed generation (DG) in the field of renewable energy sources (RES) has been given in the last two decades by government incentives around the world.

Ключевые слова: *распределенная генерация, несимметричная распределительная сеть, конденсаторы, PV-панели, потери*

Номинальное напряжение узла 634 равно 0,48 кВ (при однофазном подключении 0,277 кВ), а в остальных узлах при трехфазном исполнении 4,16 кВ и 2,4 кВ при однофазном. В Таблице 1 приведены базовые активные и реактивные нагрузки узлов и тип исполнения, трехфазный или однофазный.

Таблица 1 – Нагрузки и фазы по узлам IEEE 13-Bus

№ узла	Тип подключения	Фаза нагрузки	Номинальное напряжение, кВ	Активная мощность, кВт	Реактивная мощность, кВар
671	3-фазный	ABC	4,16	1155	660
634	1-фазный	A	0,277	160	110
634	1-фазный	B	0,277	120	90
634	1-фазный	C	0,277	120	90
645	1-фазный	B	2,4	170	125
646	3-фазный	ABC	4,16	230	132
692	3-фазный	ABC	4,16	170	151
675	1-фазный	A	2,4	485	190
675	1-фазный	B	2,4	68	60
675	1-фазный	C	2,4	290	212
611	1-фазный	C	2,4	170	80
652	1-фазный	A	2,4	128	86
671	1-фазный	A	2,4	17	10
671	1-фазный	B	2,4	66	38
671	1-фазный	C	2,4	117	68

В существующую модель несимметричной распределительной сети было установлено 3 конденсатора и один инвертор запитанный от PV-панелей. Конденсаторы были установлены в узлах 611, 671 и 675, а PV-генерация установлена в узле 633. Мощности и тип подключения приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Расположение и мощности распределенной генерации (РГ)

Узел конденсатора	Фаза	Мощность, кВар	Узел PV-генерации	Фаза	Мощность, кВА
611	C	600	633	ABC	150
671	A	500	-	-	-
675	ABC	600	-	-	-

Результаты исследования. Результаты расчетов сети IEEE 13-Bus с источниками распределенной генерации

С целью симуляции суточного графика был использован шаблон промышленной формы нагрузки (Loadshape.Industrial), доступной в программе OpenDSS. В результате моделирования суточного графика нагрузки с интервалом 15 минут получен следующий график нагрузки, приведенный на рисунке 2.

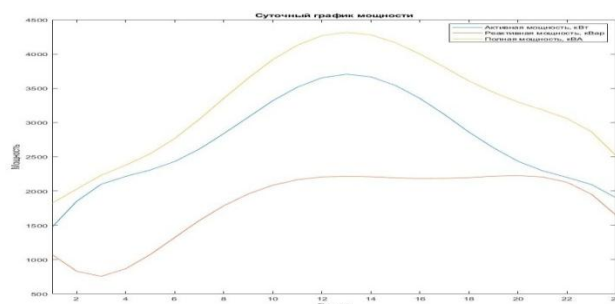


Рисунок 2 – Суточный график мощности

В результате моделирования суточного режима несимметричной распределительной сети IEEE 13-Bus без установки РГ мы наблюдаем сильное отклонение напряжения по всем трем фазам (см. Рисунок 3). Особенно по фазам А и С, где самое сильное отклонение наблюдается в дневное время с 8 утра. Максимальное отклонение напряжения в течении суток в фазе А наблюдается в узле 675 и равно 0,8664 о.е. или 3,6 кВ при номинальном значении 4,16 кВ. Максимальное отклонение напряжения в течении суток в фазе С наблюдается в узле 611 и равно 0.8347 о.е. или 2 кВ при номинальном значении 2,4 кВ.

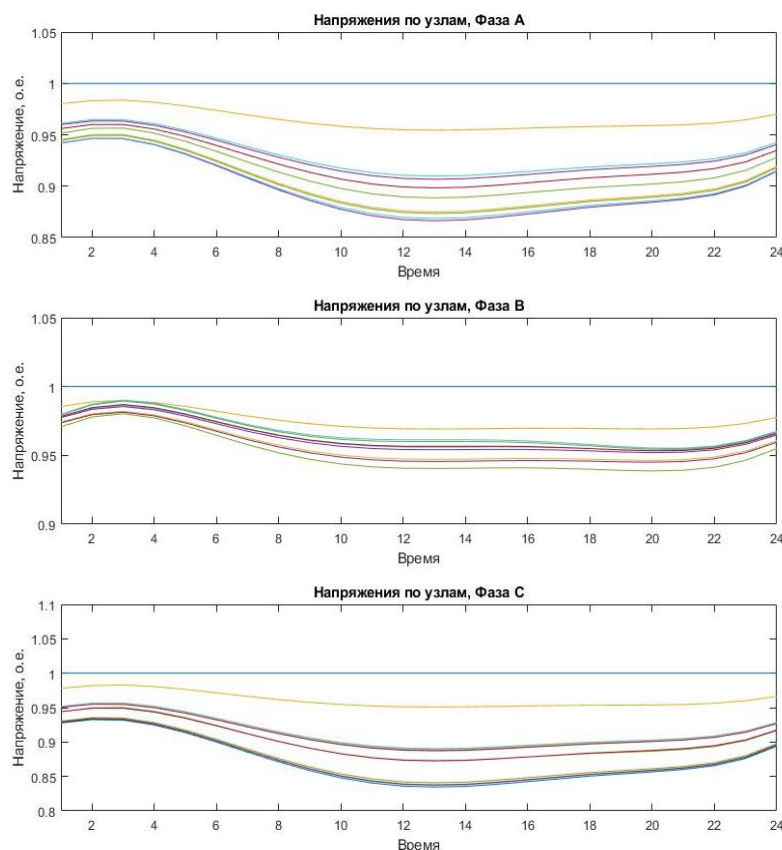


Рисунок 3 – Отклонение напряжений в узлах по фазам в течении суток до установки

По результат моделирования суточного режима несимметричной распределительной сети IEEE 13-Bus без установки РГ потери активной электроэнергии за сутки составляют 2388 кВт*ч, а реактивной 10 095 кВар*ч. Максимальное значение потери активной мощности 166,95 кВт и реактивной мощности 705,11 кВар. На Рисунке 4 представлены потери активной и реактивной мощностей в течении суток.

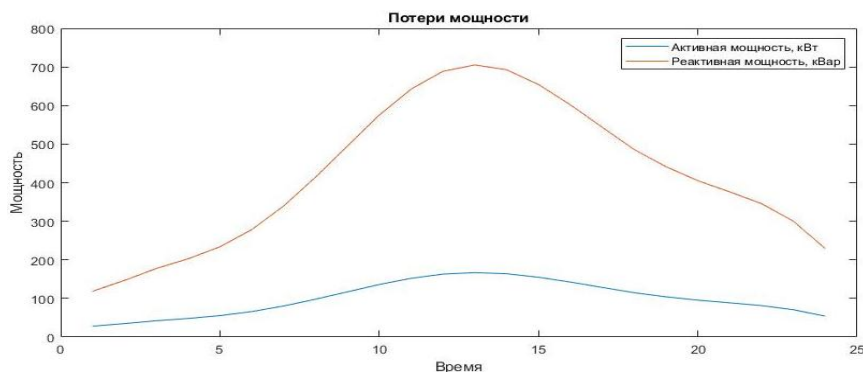


Рисунок 4 – Потери мощности в течении суток до установки РГ

После установки РГ наблюдаются изменения по отклонению напряжений, особенно по фазам А и С. Максимальное отклонение напряжения в течении суток в фазе А наблюдается в узле 675 и равно 0.9536 о.е. или 3,9 кВ при номинальном значении 4,16 кВ. Максимальное отклонение напряжения в течении суток в фазе С наблюдается в узле 611 и равно 0.9424 о.е. или 2,26 кВ при номинальном значении 2,4 кВ.

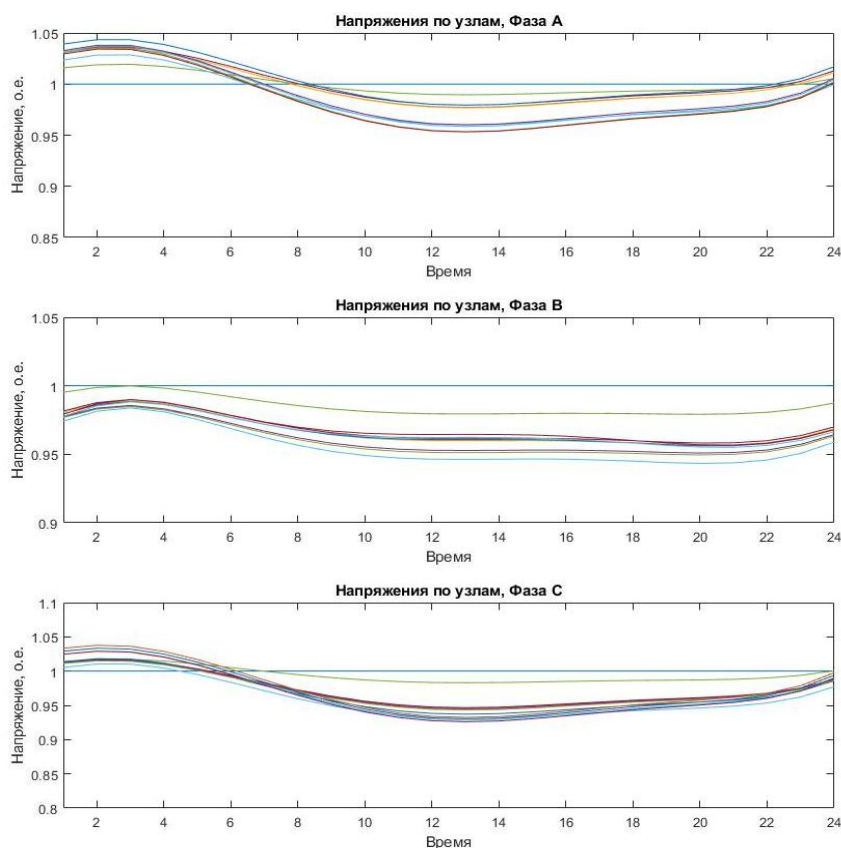


Рисунок 5 – Отклонение напряжений в узлах по фазам в течении суток после установки РГ

По результат моделирования суточного режима несимметричной распределительной сети IEEE 13-Bus после установки РГ потери активной электроэнергии за сутки составляют 1957 кВт*ч, а реактивной 7376 кВар*ч. Максимальное значение потери активной мощности 128,45 кВт и реактивной мощности 509,62 кВар. На Рисунке 6 представлены потери активной и реактивной мощностей в течении суток.

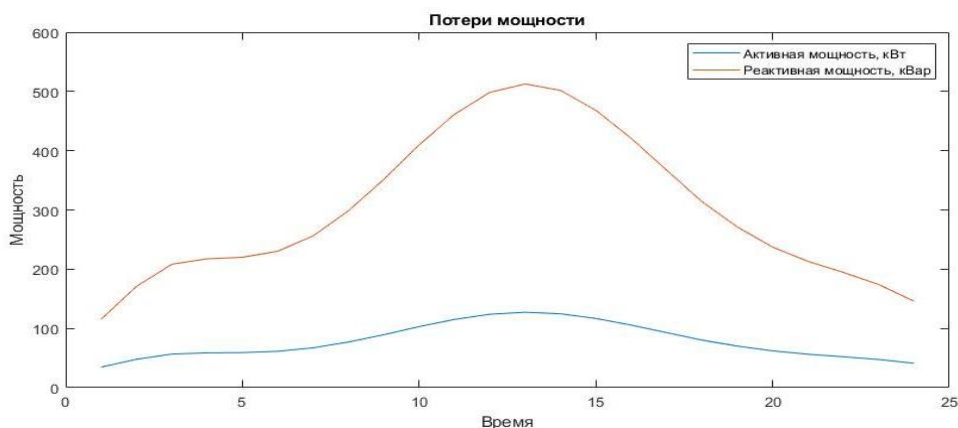


Рисунок 6 – Потери мощности в течении суток после установки РГ

В данной работе решена проблема с отклонениями напряжений в узлах несимметричной трехфазной сети IEEE 13-Bus. Рассмотрены две модели сети без и с установкой РГ. После установки источников РГ и конденсаторов значения напряжений в узлах заметно выросли в фаза А и С. Значения в относительных единицах изменились с 0,8664 о.е. до 0,9536 о.е. в узле 675 (на 10%) и с 0,8347 о.е. до 0,9424 о.е. в узле 611 (на 13%%). Потери по активной электроэнергии снизились на 18% (с 3,66% до 3% от общего отпуска), а потери по реактивной электроэнергии снизились на 26% (с 23,5% до 17% от общего отпуска). В будущем мы планируем провести исследования с управлением режимами работ РГ в течении суток.

Заключение. Потери по активной электроэнергии снизились на 18% (с 3,66% до 3% от общего отпуска), а потери по реактивной электроэнергии снизились на 26% (с 23,5% до 17% от общего отпуска). Целью исследования были уменьшение отклонения напряжения и потерь активной мощности. В будущем мы планируем провести исследования с управлением режимами работ РГ в течении суток.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Di Silvestre, M. L., Favuzza, S., Sanseverino, E. R., & Zizzo, G. (2018). How Decarbonization, Digitalization and Decentralization are changing key power infrastructures. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 93, 483-498.
- 2 Baimakhanov, O., Şenyüz, H., Saukhimov, A., & Ceylan, O. (2022). Heuristic Optimization Approaches for Capacitor Sizing and Placement: A Case Study in Kazakhstan. *Energies*, 15(9), 3148.
- 3 Rafi, F. H. M., Hossain, M. J., Rahman, M. S., & Taghizadeh, S. (2020). An overview of unbalance compensation techniques using power electronic converters for active distribution systems with renewable generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 125, 109812.
- 4 Gusev, Y. P., & Subbotin, P. V. (2019, March). Using battery energy storage systems for load balancing and reactive power compensation in distribution grids. In 2019 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) (pp. 1-5). IEEE.
- 5 Pecanak, Z. K., Haghi, H. V., Li, C., Reno, M. J., Disfani, V. R., & Kleissl, J. (2020). Aggregation of voltage-controlled devices during distribution network reduction. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 12(1), 33-42.
- 6 De Carvalho, W., Ratnam, E. L., Blackhall, L., & Von Meier, A. (2022). Optimization-based operation of distribution grids with residential battery storage: Assessing utility and customer benefits. *IEEE Transactions on Power Systems*.
- 7 Tello-Maita, J., Marulanda, A., & Pavas, A. (2019, December). Simulation of Modern Distribution Systems Using Matlab and OpenDSS. In 2019 FISE-IEEE/CIGRE Conference-Living the energy Transition (FISE/CIGRE) (pp. 1-6). IEEE.
- 8 <https://sourceforge.net/projects/electricdss>
- 9 Huang, Y., Li, G., Chen, C., Bian, Y., Qian, T., & Bie, Z. (2022). Resilient Distribution Networks by Microgrid Formation using Deep Reinforcement Learning. *IEEE Transactions on Smart Grid*.
- 10 de Souza, B. C., de Araujo, L. R., & Penido, D. R. R. (2021). Multi-Area Aggregation of Multi-Grounded Unbalanced Distribution Systems. *IEEE Transactions on Power Systems*, 36(6), 5120-5130.
- 11 Arias, N. B., López, J. C., Hashemi, S., Franco, J. F., & Rider, M. J. (2020). Multi-objective sizing of battery energy storage systems for stackable grid applications. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 12(3), 2708-2721.
- 12 Fu, L., Liu, B., Meng, K., & Dong, Z. Y. (2020). Optimal restoration of an unbalanced distribution system into multiple microgrids considering three-phase demand-side management. *IEEE Transactions on Power Systems*, 36(2), 1350-1361.
- 13 Muthukumar, K., & Jayalalitha, S. (2012, March). Harmony search approach for optimal capacitor placement and sizing in unbalanced distribution systems with harmonics consideration. In IEEE-International Conference On Advances In Engineering, Science And Management (ICAESM-2012) (pp. 393-398). IEEE.
- 14 Ополева, Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения: Справочник: Учебное пособие. – М.: ФОРУМ ИНФРА-М, 2016. – 480 с.

- 15 Кудрин, Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов высших учебных заведений /Б.И. Кудрин. – М.: Интермет Инжиниринг, 2015. – 672 с.
- 16 Киреева, Э.А. Справочные материалы по электрооборудованию (цеховые электрические сети, электрические сети жилых и общественных зданий), 2014.
- 17 Киреева Э.А. и др. Электроснабжение цехов промышленных предприятий. – М.: НТФ Энергопрогресс, Энергетик, 2013. – 120 с.
- 18 Конюхова Е.А. Электроснабжение объектов: Учебное пособие для сред. проф. образования. – М., 2014. – 320 с.
- 19 Правила устройств электроустановок. – СПб.: Издательство ДЕАН, 2016. – 928 с.
- 20 Сибикин Ю.Д. Электроснабжение промышленных предприятий и установок: Учебник для проф. учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2017. – 336 с: ил.
- 21 Миронов Ю.М., Миронова А.И. Электрооборудование и электроснабжение электротермических, плазменных и лучевых установок: Учеб. Пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 2019.
- 22 Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования. /Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 2019. – 464 с.

REFERENCES

- 1 Di Silvestre, M. L., Favuzza, S., Sanseverino, E. R., & Zizzo, G. (2018). How Decarbonization, Digitalization and Decentralization are changing key power infrastructures. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 93, 483-498.
- 2 Baimakhanov, O., Şenyüz, H., Saukhimov, A., & Ceylan, O. (2022). Heuristic Optimization Approaches for Capacitor Sizing and Placement: A Case Study in Kazakhstan. *Energies*, 15(9), 3148.
- 3 Rafi, F. H. M., Hossain, M. J., Rahman, M. S., & Taghizadeh, S. (2020). An overview of unbalance compensation techniques using power electronic converters for active distribution systems with renewable generation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 125, 109812.
- 4 Gusev, Y. P., & Subbotin, P. V. (2019, March). Using battery energy storage systems for load balancing and reactive power compensation in distribution grids. In 2019 International Conference on Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM) (pp. 1-5). IEEE.
- 5 Pecenak, Z. K., Haghi, H. V., Li, C., Reno, M. J., Disfani, V. R., & Kleissl, J. (2020). Aggregation of voltage-controlled devices during distribution network reduction. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 12(1), 33-42.
- 6 De Carvalho, W., Ratnam, E. L., Blackhall, L., & Von Meier, A. (2022). Optimization-based operation of distribution grids with residential battery storage: Assessing utility and customer benefits. *IEEE Transactions on Power Systems*.
- 7 Tello-Maita, J., Marulanda, A., & Pavas, A. (2019, December). Simulation of Modern Distribution Systems Using Matlab and OpenDSS. In 2019 FISE-IEEE/CIGRE Conference-Living the energy Transition (FISE/CIGRE) (pp. 1-6). IEEE.
- 8 <https://sourceforge.net/projects/electricdss>
- 9 Huang, Y., Li, G., Chen, C., Bian, Y., Qian, T., & Bie, Z. (2022). Resilient Distribution Networks by Microgrid Formation using Deep Reinforcement Learning. *IEEE Transactions on Smart Grid*.
- 10 de Souza, B. C., de Araujo, L. R., & Penido, D. R. R. (2021). Multi-Area Aggregation of Multi-Grounded Unbalanced Distribution Systems. *IEEE Transactions on Power Systems*, 36(6), 5120-5130.
- 11 Arias, N. B., López, J. C., Hashemi, S., Franco, J. F., & Rider, M. J. (2020). Multi-objective sizing of battery energy storage systems for stackable grid applications. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 12(3), 2708-2721.
- 12 Fu, L., Liu, B., Meng, K., & Dong, Z. Y. (2020). Optimal restoration of an unbalanced distribution system into multiple microgrids considering three-phase demand-side management. *IEEE Transactions on Power Systems*, 36(2), 1350-1361.
- 13 Muthukumar, K., & Jayalalitha, S. (2012, March). Harmony search approach for optimal capacitor placement and sizing in unbalanced distribution systems with harmonics consideration. In IEEE-International Conference On Advances In Engineering, Science And Management (ICAESM-2012) (pp. 393-398). IEEE.

ТҮЙІН

Жыл сайын бөлінген ұрпақ бүкіл әлемде танымал болуда. Қуат көздерін орталықсыздандыру күнделікті кестеде ең жоғары сағаттарды қамтуға мүмкіндік береді, бірақ ассиметриялық тарату желілеріне DG көздерінің әсер ету мәселесі маңызды болып қала береді. Инверторлар, электр энергиясын сақтау құрылғылары, PV панельдері, электр көліктері және конденсаторлар ретінде пайдалануға болады. DG көздері. Бұл мақала бір жақты IEEE 13-Bus сынақ желісінде DG көздерін орнатуды зерттеу нәтижелерін ұсынады. RG көздері ретінде конденсаторлар мен PV панельдері пайдаланылды. Зерттеудің мақсаты фазалар бойынша түйіндердегі кернеудің ауытқуын азайту және белсенді қуат жоғалтуларын азайту болды. Экономикалық өсу тауарлар мен энергияны тұтынудың артуына алып келеді, ал цифрландыру технологиялары адамдар мен сенсорлардан деректердің күрт өсетін көлемін өндіруді жеңілдетеді. Осы факторлардың барлығы инфрақұрылымды басқару мен жобалаудағы күрделіліктің артуына, сондай-ақ сандық деректердің үлкен көлемін сақтаудың үлкен қиындықтарына әкеледі. Электр энергиясын өндіруді орталықсыздандыру қабылдау орталықтарын шамадан тыс жүктемей инфрақұрылымдарды басқарудың күрделілігін азайту қажеттілігінен туындайды. Соңғы екі онжылдықта бүкіл әлем бойынша мемлекеттік ынталандырулар жаңартылатын энергия көздері (ЖЭК) саласындағы бөлінген генерацияны (БТ) дамытуға үлкен серпін берді.

УДК 631.312.02

Мухамеджанов В.Х., старший преподаватель, <https://orcid.org/0009-0002-6336-3485>
Казахстанский университет инновации и телекоммуникационных систем, М. Маметова 81,
г.Уральск, 090009, Республика Казахстан, mvh1952@mail.ru

Mukhamedzhanov V.Kh., senior lecturer, <https://orcid.org/0009-0002-6336-3485>
Kazakhstan University of Innovation and Telecommunication Systems, Uralsk, st. M. Mametova 81,
090009, Kazakhstan, mvh1952@mail.ru

РАБОЧИЕ ОРГАНЫ ПАССИВНО-АКТИВНОГО ТИПА РАСПОЛОЖЕННЫХ НА ГРУДИ ОТВАЛА ЛЕМЕШНОГО ПЛУГА THE WORKING ORGANS OF THE PASSIVE-ACTIVE TYPE LOCATED ON THE CHEST OF THE PLOUGHSARE BLADE

Аннотация

В статье предложена изменяемая конструкция груди отвала лемешного плуга на котором располагаются в трехъярусном исполнении рыхлящие элементы в виде зубчатых дисков. Привод рабочих органов, а именно дисков производится за счет контакта дисков с поступающим почвенным потоком от лемеха плуга. Применение данной конструкции позволит осуществлять за один проход пахотного две технологические операции, а именно вспашка и боронование. В отличие от прототипа, в представленной конструкции корпуса плуга рыхлящие элементы-диски расположены в прорезях отвала параллельно вектору скорости движения пласта почвы в три яруса. Диски нижнего яруса выполнены с заостренными зубьями трапецевидного профиля, а среднего и верхнего яруса – треугольного профиля. Зубчатые колеса привода дисков постоянно находятся в зацеплении и выполнены с разными диаметрами. Разница в диаметрах смежных зубчатых колес привода дает разные значения их передаточных отношений и, соответственно, разные значения угловых скоростей рыхлящих элементов-дисков. Рыхлящие элементы установлены перпендикулярно плоскости отвала, и плоскостью ориентированы параллельно направлению движению пласта почвы. Рыхлящие элементы-диски образуют четыре ряда и перекрывают длину лемеха и ширину отвала.