

energii. – М.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1983. – 204 s.

4. Mirzaev M.M. Puti povysheniya produktivnosti i uluchsheniya kachestva sushenogo vinograda v Uzbekistane. – Tashkent: Mekhnat, 2002. – 192 s.

5. Rakhmatov O. Razrabotka kompleksnoi mini linii po pererabotke vinograda na kishmish dlya sel'khozpredpriyatii maloi i srednei moshchnosti // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2014. – № 2 (112). – S. 138-142.

6. Kocsis K. The use of agricultural residues for corn drying and stall heating // Energy

Conservation and Use of Renewable Energies in the Bio-Industries. – Proc. 2nd Intl Seminar, Oxford, 6-10 Sept. 1982.

7. Patent № 7143 (112) «Kombinirovannaya solnechno-toplivnaya sushil'naya ustanovka dlya sushki sel'skokhozyaistvennykh produktov» / Rakhmatov O., Nuriev K.K., Yusupov A.M., Firdavs Orifzhon ugli. – Opubl. «Ofitsial'nyi vestnik», 2014. – № 11.

8. Magnusson D. Energy Economics for Equipment Replacement // IEEE Trans. on Industry Application. – 1984. – Vol. 20 (2). – P. 402-406.



УДК 628.1

Ю.В. Корчевская, Г.А. Горелкина
Yu.V. Korchevskaya, G.A. Gorelkina

ВОЗМОЖНОСТИ РЕГУЛИРОВАНИЯ БЕСПЕРЕБОЙНОЙ ПОДАЧИ ВОДЫ В СЕТЬ МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

THE POSSIBILITIES OF CONTINUOUS WATER SUPPLY CONTROL IN NETWORKS OF SMALL SETTLEMENTS

Ключевые слова: система водоснабжения, схема водоснабжения, насосы, насосные станции, преобразователь частоты, напор, расход, водонапорная башня, водопроводная сеть.

Рассмотрены два варианта проектирования бесперебойной подачи воды в сеть: с установкой водонапорной башни и с установкой преобразователя частоты. Объектом исследования послужила система водоснабжения деревни Черноморка Полтавского района Омской области. Для двух вариантов приняты соответствующие схемы водоснабжения, выполнен подбор насосного оборудования. В качестве основного оборудования в насосной станции второго подъема размещены хозяйственный и пожарный насосы. Для первого варианта подобраны марки насосов: хозяйственный насос типа NK 40-125/142, пожарный насос типа NB 65-200/162; для второго варианта – насос типа NB 65-315/314. Предусмотрены хозяйственный и пожарный насосы, имеющие одинаковые стандартные характеристики. Для регулирования скорости электропривода предусмотрен преобразователь частоты. Регулирование методом изменения скорости вращения вала электропривода за счет изменения числа оборотов обеспечивает требуемую величину напора в системе. Регулирование числа оборотов – это единственный способ, обеспечивающий минимально необходимый расход при оптимальном КПД привода. При этом пожарный насос программируется на пропуск пожарного расхода в час максимального потребления. Для подбора преобразователя частоты определен диапазон частот, построены универсальные характеристики насоса на основе закона динамического подобия. Принят преоб-

разователь частоты Grundfos CUE. Преимуществами применения частотно-регулируемого электропривода являются экономия электроэнергии, исключение гидроударов, значительная экономия воды за счёт оптимизации давления в сетях и уменьшения разрывов трубопроводов и т.д. Для окончательного вывода о целесообразности применения того или иного варианта исходя из графиков потребления воды и зависимости мощности, потребляемой насосом от производительности, необходимо определить примерную экономию электроэнергии от применения частотно-регулируемого привода.

Keywords: water supply system, water supply scheme, pumps, pump stations, frequency converter, pressure, consumption, water tower, water supply network.

Two design variants of continuous water supply in a network are discussed: with a water tower installation and with a frequency converter installation. The research target was the water supply system in the rural settlement Chernomorka of the Poltavskiy District of the Omsk Region. The corresponding schemes of water supply were developed for both variants and the pump equipment was selected. The utility pump and fire-water pump were installed in the second stage pump station as the main equipment. The following pumps were chosen: NK 40-125/142 utility pump and NB 65-200/162 fire-water pump (the first variant); NB 65-315/314 pump (the second variant). The utility and fire-water pumps with identical standard specifications were chosen. To control the electric

drive speed, a frequency converter was installed. The control by the change of the electric drive shaft rotational speed provides the required pressure in the system. The rotational speed control is the only way to provide the minimum required flow at the optimum drive efficiency. The fire-water pump is programmed for the pass of fire-water flow in the hour of the maximum consumption. To select the frequency converter, the range of frequencies was determined and the universal characteristics of the pump on the basis of the law of dynamic similarity were constructed.

Grundfos CUE frequency converter was chosen. The advantages of variable-frequency electric drive are the following: electric power saving, hydro-blow exclusion and considerable water-saving due to the optimization of the pressure in networks and reduction of pipe ruptures, etc. It is necessary to define approximate saving of the electric power through the use of a variable-frequency electric drive, to make a final conclusion about the expediency of using this or that variant.

Корчевская Юлия Владимировна, к.с.-х.н., доцент, каф. природообустройства, водопользования и охраны водных ресурсов, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. Тел.: (3812) 65-36-63. E-mail: yuv.korchevskaya@omgau.org.

Korchevskaya Yuliya Vladimirovna, Cand. Agr. Sci., Assoc. Prof., Chair of Natural Resources Management and Water Resources Protection, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin. Ph.: (3812) 65-36-63. E-mail: yuv.korchevskaya@omgau.org.

Горелкина Галина Александровна, ст. преп., доцент, каф. природообустройства, водопользования и охраны водных ресурсов, Омский государственный аграрный университет им. П.А. Столыпина. Тел.: (3812) 65-36-63. E-mail: ga.gorelkina@omgau.org.

Gorelkina Galina Aleksandrovna, Asst. Prof., Chair of Natural Resources Management and Water Resources Protection, Omsk State Agricultural University named after P.A. Stolypin. Ph.: (3812) 65-36-63. E-mail: ga.gorelkina@omgau.org.

Введение

Водоснабжение является одним из видов инженерного оборудования и благоустройства населённых пунктов, жилых общественных и производственных зданий, обеспечивающих необходимые условия для жизни, санитарно-гигиенические условия и высокий уровень удобства для труда, быта и отдыха.

При неравномерном суточном, недельном, месячном графике водопотребления поддержание оптимального давления в сетях возможно с помощью перекрытия задвижек на выходе насосной станции (метод дросселирования) или за счёт изменения скорости вращения насосного агрегата (изменение его производительности) [1].

Исходя из графиков потребления воды и зависимости мощности, потребляемой насосом от производительности, можно определить примерную экономию электроэнергии от применения частотно-регулируемого привода.

Цель исследования – рассмотреть два варианта проектирования бесперебойной подачи воды в сеть: с установкой водонапорной башни и с установкой преобразователя частоты в системе водоснабжения деревни Черноморка Полтавского района Омской области.

Объекты и методы

Объектом исследования послужила система водоснабжения деревни Черноморка Полтавского района Омской области. Деревня расположена на расстоянии 221 км к юго-западу от г. Омска и в 2 км от районного центра пгт Полтавка.

Забор воды для целей водоснабжения производится из водовода Новосергеевка-

Полтавка, относящегося к Таврическому групповому водопроводу.

Основными водопотребителями являются жилищно-коммунальный, производственный, животноводческий секторы.

Расчетное водопотребление составляет 763,94 м³/сут.

Результаты и обсуждение

Рассмотрены два варианта бесперебойной подачи воды в сеть:

- с установкой водонапорной башни;
- с установкой преобразователя частоты.

По первому варианту принята схема водоснабжения с подключением к групповому водопроводу с установкой проходной башней (рис. 1). Согласно схеме вода из группового водопровода поступает в резервуары чистой воды непрерывно, т.е. 24 ч в сутки. Из резервуаров чистой воды при помощи насосной станции второго подъема вода подается в водонапорную башню и разводящую сеть [2].

По второму варианту принята схема водоснабжения с подключением к групповому водопроводу с преобразователем частоты (рис. 2). Согласно схеме вода из группового водопровода поступает в резервуары чистой воды 24 ч в сутки. Из резервуаров чистой воды при помощи насосной станции второго подъема, где установлен преобразователь частоты, вода подается в разводящую сеть согласно часовому водопотреблению, при этом в сети поддерживается постоянный напор [3].

Подбор насосного оборудования выполнен для двух вариантов подачи воды:

1. Вариант с установкой водонапорной башни.

В качестве основного оборудования в насосной станции второго подъема размещены хозяйственный и пожарный насосы [4].

Производительность и напор хозяйственного насоса составили $42,44 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $24,81 \text{ м}$ соответственно. По рассчитанным характеристикам подобран насос типа NK 40-125/142 $n=2900 \text{ об/мин.}$ с двигателем MG 132SC-D [5].

Подача и напор пожарного насоса составляют $89,72 \text{ м}^3/\text{ч}$ и $28,35 \text{ м}$ соответственно. По рассчитанным параметрам подобран насос типа NB 65-200/162 $n=2900 \text{ об/мин.}$ с двигателем MG 160MB-F [5].

2. Вариант с установкой преобразователя частоты.

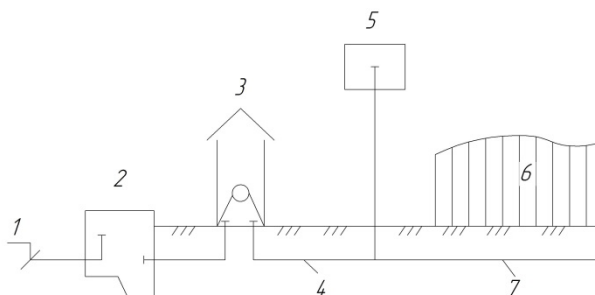
Регулирование методом изменения скорости вращения вала электропривода за счет изменения числа оборотов обеспечивает требуемую величину напора в системе. Регулирование числа оборотов – это единственный способ, обеспечивающий минимально необходимый расход при оптимальном КПД привода.

В данном случае поддерживается постоянное давление в системе независимо от расхода воды.

Таким образом, при малых расходах (в часы минимального водопотребления) насос вращается на малой скорости, необходимой только для того, чтобы поддерживать номинальное давление и не тратить лишней электроэнергии. И, наоборот, в случае увеличения водопотребления (в праздничные дни) происходит пропорциональное увеличение числа оборотов электродвигателя, компенсирующее увеличение расхода воды и поддерживающее давление водопровода на заданном уровне [6].

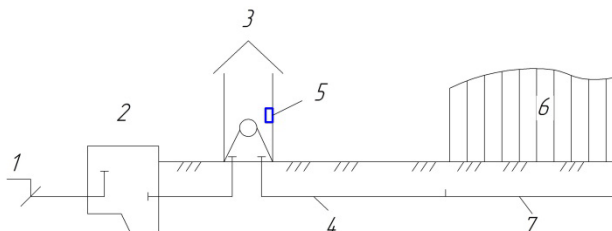
Для регулирования скорости электропривода предусмотрен преобразователь частоты, а также хозяйственный и пожарный насосы, имеющие одинаковые стандартные характеристики. При этом пожарный насос программируется на пропуск пожарного расхода в 1 ч максимального потребления.

Подобран насос типа NB 65-315/314 $n=1450 \text{ об/мин.}$ с двигателем MG 160MB-F.



- 1 – групповой водопровод;
- 2 – резервуары чистой воды (2 шт.);
- 3 – насосная станция второго подъема;
- 4 – водоводы;
- 5 – водонапорная башня;
- 6 – объекты водоснабжения;
- 7 – водопроводная сеть.

Рис. 1. Схема водоснабжения с проходной башней



- 1 – групповой водопровод;
- 2 – резервуары чистой воды (2 шт.);
- 3 – насосная станция второго подъема;
- 4 – водоводы;
- 5 – преобразователь частоты;
- 6 – объекты водоснабжения;
- 7 – водопроводная сеть.

Рис. 2. Схема водоснабжения с установкой преобразователя частоты

Пересчет рабочих характеристик для нового числа оборотов

Стандартное число оборотов вала n=1450 об/мин.			0.7=1015 об/мин.			0.8=1160 об/мин.			0.9=1305			1.1=1595 об/мин.			1.2=1740 об/мин.		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Q, м ³ /ч	H, м	N, кВт	Q, м ³ /ч	H, м	N, кВт	Q, м ³ /ч	H, м	N, кВт	Q, м ³ /ч	H, м	N, кВт	Q, м ³ /ч	H, м	N, кВт	Q, м ³ /ч	H, м	N, кВт
10,00	35,48	4,37	7,00	17,39	1,50	8,00	22,71	2,24	9,00	28,74	3,19	11,00	42,93	5,82	12,00	51,09	7,55
20,00	35,48	5,13	14,00	17,39	1,76	16,00	22,71	2,63	18,00	28,74	3,74	22,00	42,93	6,83	24,00	51,09	8,86
30,00	35,37	5,86	21,00	17,33	2,01	24,00	22,64	3,00	27,00	28,65	4,27	33,00	42,80	7,80	36,00	50,93	10,13
40,00	35,16	6,59	28,00	17,23	2,26	32,00	22,50	3,37	36,00	28,48	4,80	44,00	42,54	8,77	48,00	50,63	11,39
50,00	34,79	7,37	35,00	17,05	2,53	40,00	22,27	3,77	45,00	28,18	5,37	55,00	42,10	9,81	60,00	50,10	12,74
60,00	34,22	8,16	42,00	16,77	2,80	48,00	21,90	4,18	54,00	27,72	5,95	66,00	41,41	10,86	72,00	49,28	14,10
70,00	33,29	8,84	49,00	16,31	3,03	56,00	21,31	4,53	63,00	26,96	6,44	77,00	40,28	11,77	84,00	47,94	15,28
80,00	32,00	9,50	56,00	15,68	3,26	64,00	20,48	4,86	72,00	25,92	6,93	88,00	38,72	12,64	96,00	46,08	16,42
90,00	30,26	10,14	63,00	14,83	3,48	72,00	19,37	5,19	81,00	24,51	7,39	99,00	36,61	13,50	108,00	43,57	17,52
100,00	28,00	10,71	70,00	13,72	3,67	80,00	17,92	5,48	90,00	22,68	7,81	110,00	33,88	14,26	120,00	40,32	18,51
105,00	26,72	10,98	73,50	13,09	3,77	84,00	17,10	5,62	94,50	21,64	8,00	115,50	32,33	14,61	126,00	38,48	18,97

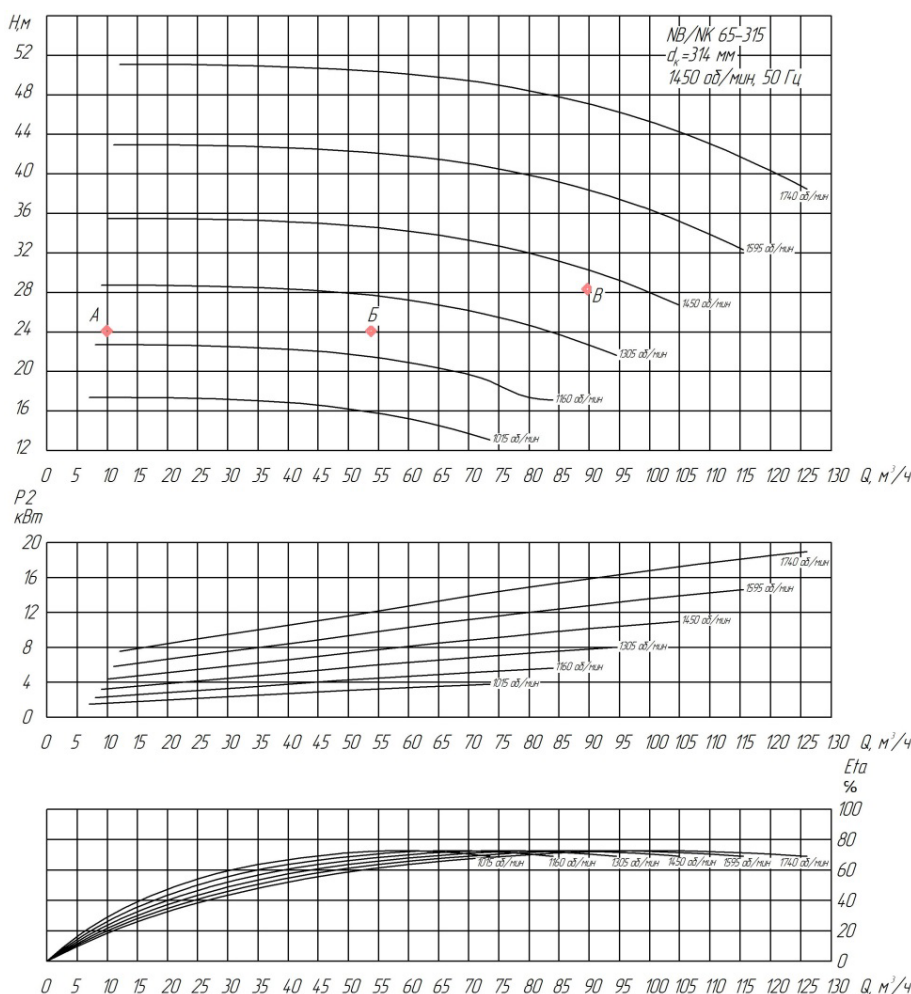


Рис. 3. Универсальные характеристики для насоса NB 65-315/314:

А – рабочая точка при пропуске минимального расхода;

Б – рабочая точка при пропуске максимального расхода;

В – рабочая точка при пропуске пожарного расхода

Для подбора преобразователя частоты определен диапазон частот. Для этого выполнено построение универсальных характеристик насоса на основе закона динамического подобия [7]:

$$i_n = \frac{n_1}{n} = \frac{Q_1}{Q} = \sqrt{\frac{H_1}{H}} = \sqrt[3]{\frac{N_1}{N}}$$

где i_n – модуль подобия;

n – стандартное число оборотов вала, об/мин.;

n_1 – новое число оборотов вала, об/мин.;

Q – расчетная подача насоса, м³/ч;

- Q_1 – новая подача насоса, м³/ч;
 H – расчетный напор насоса, м;
 H_1 – новый напор насоса, м;
 N – расчетная мощность насоса, кВт,
 N_1 – новая мощность насоса, кВт.

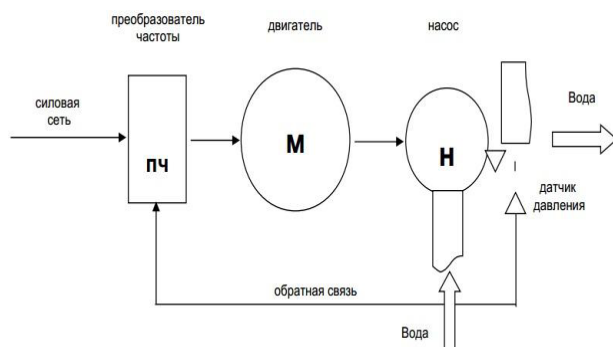


Рис. 4. Схема подключения преобразователя частоты

Расчет новых параметров для модулей подобия, равных 0.7; 0.8; 0.9; 1.1 и 1.2, сведен в таблицу.

По результатам расчетов построены универсальные характеристики (рис. 3).

Принят преобразователь частоты Grundfos CUE мощностью 11 кВт с питанием от трехфазной сети. Схема подключения приведена на рисунке 4.

Заключение

Для окончательного вывода о целесообразности применения того или иного варианта обеспечения бесперебойной подачи воды в сеть необходимо выполнить экономическое обоснование двух вариантов.

На данном этапе возможно выделить преимущества применения частотно-регулируемого электропривода:

- экономия электроэнергии от 30 до 60%;
- исключение гидроударов, что позволяет резко увеличить срок службы трубопроводов и запорной арматуры;
- значительная экономия воды за счёт оптимизации давления в сетях и уменьшения разрывов трубопроводов;
- не требует строительства, обслуживания водонапорных баков или накопительных резервуаров.

Библиографический список

1. Журба М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений [Электронный ресурс]: учеб. пособие; в 3 т. Т. 3. Системы распределения и подачи воды. – Электрон. текстовые дан. – М.: Изд-во Ассоц. строит. вузов, 2010. – 408 с. URL: <http://www.studentlibrary.ru>.

2. Журба М.Г. Водоснабжение. Проектирование систем и сооружений [Электронный ресурс]: учеб. пособие; в 3 т. Т. 1. Системы водоснабжения, водозаборные сооружения. – М.: Изд-во ассоц. строит. вузов, 2010. – 400 с. URL: <http://www.studentlibrary.ru>.

3. Корчевская Ю.В., Ушакова И.Г., Горелкина Г.А. Анализ инженерных систем водоснабжения и водоотведения поселка Красный Яр и предложения по их модернизации // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2012. – № 3. – С. 22-27.

4. СП 31.13330.2012 «Водоснабжение, наружные сети и сооружения». – М.: ООО «РОСЭКОСТРОЙ», 2012. – 96 с.

5. Электронный каталог GRUNDFOS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ru.grundfos.com/>.

6. Корчевская Ю.В. Теория, конструкции и испытания водоподъемных машин: учеб. пособие. – Омск: Изд-во ОмГАУ, 2011. – 88 с.

7. Чебаевский В.Ф. Проектирование насосных станций и испытание насосных установок: учеб. пособие для вузов. – М.: Колос, 2000. – 376 с.

References

1. Zhurba M.G. Vodosnabzhenie. Proektirovanie sistem i sooruzhenii [Elektronnyi resurs]: ucheb. posobie. T. 3. Sistemy raspredeleniya i podachi vody. – Elektron. tekstovyye dan. – M.: Izd-vo Assots. stroit. vuzov, 2010. – 408 s. URL: <http://www.studentlibrary.ru>.

2. Zhurba M.G. Vodosnabzhenie. Proektirovanie sistem i sooruzhenii [Elektronnyi resurs]: v 3 t. T. 1. Sistemy vodosnabzheniya, vodozabornyye sooruzheniya. – M.: Izd-vo Assots. stroit. vuzov, 2010. – 400 s. URL: <http://www.studentlibrary.ru>.

3. Korchevskaya Yu.V., Ushakova I.G., Gorelkina G.A. Analiz inzhenernykh sistem vodosnabzheniya i vodootvedeniya poselka Krasnyi Yar i predlozheniya po ikh modernizatsii // Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2012. – № 3. – S. 22-27.

4. SP 31.13330.2012 «Vodosnabzhenie, naruzhnyye seti i sooruzheniya». – M.: ООО «ROSEKOSTROI», 2012. – 96 s.

5. Elektronnyi katalog GRUNDFOS [Elektronnyi resurs]. – Rezhim dostupa: <http://ru.grundfos.com>.

6. Korchevskaya Yu.V. Teoriya, konstruksii i ispytaniya vodopod"emnykh mashin: ucheb. posobie; Om. gos. agrar. un-t. – Omsk: Izd-vo OmGAU, 2011. – 88 s.

7. Chebaevskii V.F. Proektirovanie nasosnykh stantsii i ispytanie nasosnykh ustanovok: ucheb. posobie dlya vuzov. – M.: Kolos, 2000. – 376 s.

