

О. М. Головченко
О. М. Нанака
В. П. Біленький

СИСТЕМА ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ СКИДНОГО ТЕПЛА ТРАНСФОРМАТОРА

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Наведені результати розрахунків схеми та обладнання системи гарячого водопостачання електричних підстанцій з використанням теплових втрат трансформаторів. Показана доцільність використання теплових насосів для теплофікаційних потреб підстанцій.

Ключові слова: Трансформатор, гаряче водопостачання, теплонасосна установка, сумарні приведені затрати.

Abstract

The results of calculations of the scheme and equipment of the hot water supply system of electric substations with use of thermal losses of transformers are presented. The expediency of using heat pumps for heat supply needs of substations is shown.

Keywords: Transformer, hot water supply, heat pump installation, total costs shown.

Вступ

Електричні процеси в трансформаторах супроводжуються їх нагрівом. Охолоджуються трансформатори маслом, теплота від якого відводиться до повітря навколишнього середовища. Є доцільним використання цієї скидної теплоти в системі гарячого теплопостачання. Проте температура нагрітого масла близько 40 °С, а температура води гарячого водопостачання близько 60 °С. Тому необхідне додаткове джерело теплоти для догріву теплоносія. В умовах трансформаторних підстанцій такими джерелами можуть бути електронагрівачі, теплові насоси та їх комбінації. Метою роботи є визначення варіантів системи гарячого водопостачання з використанням тепла від трансформаторів з найменшими сумарними приведеними затратами.

Основна частина

Розрахункова схема використання скидного тепла трансформатора для гарячого водопостачання наведена на рис. 1. [1].

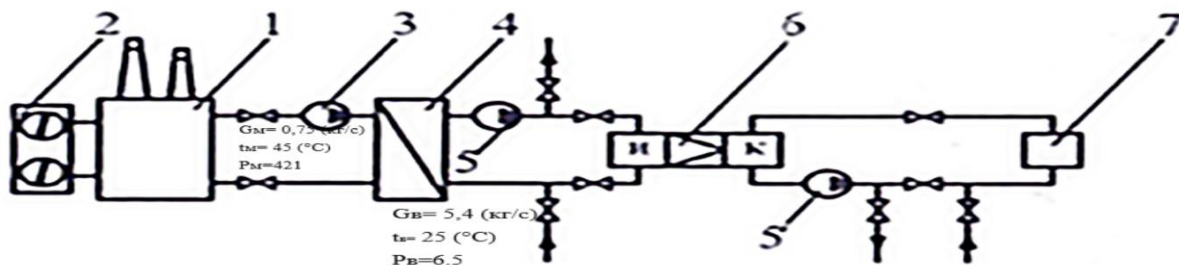


Рис. 1. Розрахункова схема використання скидного тепла трансформатора для гарячого водопостачання

(1 – трансформатор; 2 – охолоджувач; 3 – масляний насос; 4 – теплообмінник масло-вода; 5 – водяний насос; 6 – теплонасосна установка (ТНУ); 7 – споживач тепла)

Схема системи гарячого водопостачання заданої теплової потужності Q містить три контури. В першому контурі теплота від трансформатора передається маслу. В другому контурі теплота від масла в масло-водяному теплообміннику передається воді, яка нагрівається до температури T_1 . В третьому контурі теплота від води у випарнику ТНУ передається фреону. Фреон також нагрівається в процесі стиску в компресорі ТНУ. Далі теплота фреона в конденсаторі ТНУ передається воді, яка нагрівається до температури T_x

Після конденсатора ТНУ вода догрівається в електричному нагрівнику до заданої температури T_h і надходить споживачу. Приведені затрати на систему гарячого водопостачання Z визначаються, як сума затрат на теплообмінник Z_{to} , маслонасос Z_{mn} та на спожиту електроенергію його приводу Z_{eemn} , затрат на водяний насос першого контура Z_{vn1} та на спожиту електроенергію його приводу Z_{eevn1} , затрат на ТНУ Z_{tnu} та на спожиту електроенергію його приводу Z_{eetnu} , затрат на водяний насос другого контура Z_{vn2} та на спожиту електроенергію його приводу Z_{eevn2} , затрат на догрівач Z_d та затрат на його спожиту електроенергію Z_{eed}

$$Z = Z_{to} + Z_{mn} + Z_{eemn} + Z_{vn1} + Z_{eevn1} + Z_{tnu} + Z_{eetnu} + Z_{vn2} + Z_{eevn2} + Z_d + Z_{eed}$$

Затрати Z є функцією температури T_x . Необхідно дослідити вплив температури T_x на затрати Z .

Розрахунки виконані в наступній послідовності. 1. Тепловий розрахунок трансформатора. 2. Розрахунки приведених затрат на теплообмінник та масляний насос. 3. Розрахунки приведених затрат на ТНУ та водяний насос другого контура. 4. Розрахунок приведених затрат на електронагрівач та водяний насос третього контура. 5. Розрахунок сумарних приведених затрат на систему гарячого водопостачання.

Теплова потужність гарячого водопостачання Q прийнята 36,6 кВт при температурі гарячої води $T_h = 60$ °С.

Результати розрахунків такі:

1. теплова потужність втрат трансформатора 23 кВт, що відповідає витраті масла 0,75 кг/с при температурі масла на виході з трансформатора 45 °С;

2. охолодження масла здійснюється в кожухотрубному теплообміннику з перегородками в міжтрубному просторі. Масло тече в міжтрубному просторі, вода – всередині труб. Зовнішній діаметр труб $d_1 = 0,012$ м; внутрішній $d_2 = 0,01$ м; поверхня теплообміну $F_2 = 1,5$ м. Потужність маслонасоса 1,2 кВт;

3. розрахунки ТНУ виконані за допомогою відомої програми FKW Cycle. Результати розрахунку наведені в таблиці 1;

Таблиця 1. Результати розрахунку ТНУ

Температура води на виході з ТНУ, °С	Теплова потужність ТНУ, кВт	Електрична потужність приводу ТНУ, кВт	Показник ефективності ТНУ
40	30,73	10,99	1,73
50	33,34	13,53	1,4
60	36,6	16,68	1,14

4. потужність водяного насоса другого контура 0,6 кВт, потужність електронагрівача при температурі конденсату 40 °С складає 5,87 кВт, потужність водяного насосу в третьому контурі – 0,215 кВт;

5. приведені сумарні затрати на систему гарячого водопостачання Z дорівнюють 478920 грн/рік, з яких 20780 грн/рік складають затрати на устаткування, а 458140 грн/рік є затрати на електроенергію двигунів.

За методикою “ручного” розрахунку складена програма розрахунку на ЕОМ. За допомогою програми виконані розрахунки сумарних приведених затрат та їх складових на систему гарячого водопостачання при температурах води на виході з ТНУ 40, 50 та 60 °С при питомих вартостях

електроенергії та ТНУ 3 грн/кВт·год та 6000 грн/кВт відповідно. Результати розрахунків наведені в таблиці 2.

Таблиця 2. Сумарні приведені затрати, грн/рік, на систему гарячого водопостачання при температурах води на виході з ТНУ 40, 50 та 60 °С

№	Складова сумарних приведених затрат	Без ТНУ	40 °С	50 °С	60 °С
1	1 контур.Масловодяний теплообмінник	940	940	940	940
2	Маслонасос	250	250	250	250
3	Електроенергія приводу маслонасоса	29400	29400	29400	29400
4	2-й контур.Водяний насос.	165	165	165	165
5	Електроенергія приводу водяного насоса	14700	14700	14700	14700
6	3-й контур .ТНУ	0	18438	20004	21960
7	Електроенергія приводу компресора ТНУ	0	263760	324720	400320
8	Водяний насос	0	400	400	400
9	Електроенергія приводу водяного насоса	0	5160	5160	5160
10	Електронагрівач	366	587	326	0
11	Електроенергія нагрівача	878400	140880	78240	0
12	Сумарні затрати	927515	478920	498545	482895

Як видно з таблиці, найменші сумарні приведені затрати відповідають температурі нагріву води в ТНУ 40 °С.

Результати розрахунків сумарних затрат на систему гарячого водопостачання при питомих вартостях електроенергії 1-6 грн/кВт·год наведені в таблиці 3.

Таблиця 3. Приведені сумарні затрати, грн/рік, на систему гарячого водопостачання при різних питомих вартостях електроенергії, грн/кВт·год.

Питома вартість електроенергії, грн /кВт·год	Без ТНУ, електронагрівачем ³	Температура води на виході з ТНУ, °С		
	60 °С	40	50	60
1	341915	209160	229905	215955
2	634715	344040	364225	349395
3	927515	478920	498545	482895
4	1220315	613800	632865	616275
5	1513115	748680	767185	749715
6	1805915	883560	901505	883155

Результати розрахунків сумарних приведених затрат на систему гарячого водопостачання при питомих вартостях ТНУ 1000-10000 грн/кВт наведені в таблиці 4.

Таблиця 4. Приведені сумарні затрати на систему гарячого водопостачання при різних питомих вартостях ТНУ, грн/кВт

Питома вартість ТНУ, грн/кВт	Температура води на виході з ТНУ, °С		
	40	50	60
1000	463555	481875	464535
2000	466628	485209	468195
3000	469701	488543	471855
4000	472774	491877	475515
5000	475847	495211	479175
6000	478920	498545	482835
7000	481993	501879	486495
8000	485066	505213	490155
9000	488139	508547	493815
10000	491212	511881	497475

Висновки

Виконані розрахунки системи гарячого водопостачання з регенерацією скидного тепла трансформатора. Розглянута методика визначення сумарних приведених затрат на таку систему. Методика реалізована програмою для ЕОМ. Досліджені варіанти без ТНУ з нагріванням води в електронагрівнику, з нагріванням води в ТНУ та догрівом її в електронагрівнику.

Розрахунки показали наступне.

1. Сумарні приведені затрати на варіант з ТНУ менші сумарних приведених затрат на варіант без ТНУ через: а) високу вартість електроенергії, споживану електронагрівником; б) “безкоштовну” теплову енергію від трансформатора.

2. Характер зміни сумарних приведених затрат при змінах температури нагрітої в ТНУ води однаковий при питомих вартостях електроенергії в інтервалі 0,5-6 грн/кВт•год.

3. Характер зміни сумарних приведених затрат при змінах температури нагрітої в ТНУ води однаковий при питомих вартостях ТНУ в інтервалі 500-10 000 грн/кВт.

4. Найменші сумарні приведені затрати відповідають найменшому нагріву води в ТНУ та, відповідно, найбільшому догріву в електронагрівачу. Зі збільшенням нагріву в ТНУ її ефективність суттєво знижується і затрати на електроенергію приводу ТНУ зростають відносно затрат на привод ідеальної ТНУ з постійною ефективністю при різних нагрівах. Ефективність електронагрівача (ККД) висока та постійна при всіх його навантаженнях.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Беседин В. Г. Использование тепла силовых масляных трансформаторов для теплоснабжения электрических подстанций. / В. Г. Беседин, В. З. Манусов // Сборник научных трудов НГТУ. – 2006. – № 1 (43). – С. 111–116.

Біленький Валентин Петрович – студент групи ЕМ-16м, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця;

Головченко Олексій Михайлович – к. т. н., доцент кафедри відновлювальної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: aleksey.golovch@gmail.com;

Нанак Олена Миколаївна – к. т. н., доцент кафедри відновлювальної енергетики та транспортних електричних систем і комплексів, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: e_nanaka@ukr.net

Bilenkiy Valentine P. – student of the group EM-16m, Faculty of Electricity and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

Golovchenko Olesiy M. – PhD, assistant professor at the department of renewable energy and electrical transportation systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: aleksey.golovch@gmail.com;

Nanaka Olena M. – PhD, assistant professor at the department of renewable energy and electrical transportation systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: e_nanaka@ukr.net.