

07, июль 2017

УДК 62-82;620.9

Расчет мультипликационной гидравлической системы для свободнопоточной микроГЭС

Личадеев И.С., магистрант
Россия, 660041, г. Красноярск, ПИ СФУ,
кафедра «Технологические машины и оборудование»
ilya.lichadeew@yandex.ru

Научный руководитель: Никитин А. А., к.т.н., доцент
Россия, 660041, г. Красноярск, ПИ СФУ
aannikitin@yandex.ru

1. Исходные данные

На основании информации представленной в [1] – [4] назначим с параметры необходимые для расчета гидросистемы на примере свободнопоточной микроГЭС

Таблица 1

Исходные данные МГС для свободнопоточной микроГЭС

Наименование параметра	Параметр, ед.изм	Величина
Расчетное номинальное давление в гидросистеме	$p_{nom.B}$, МПа	25
Длина всасывающего трубопровода	l_s , м	3
Длина напорного трубопровода	l_d , м	3
Длина сливного трубопровода	l_a , м	1
Коэффициент местных сопротивлений во всасывающем трубопроводе	ξ_s	1
Коэффициент местных сопротивлений в напорном трубопроводе	ξ_d	1
Коэффициент местных сопротивлений в сливном трубопроводе	ξ_a	3
Скорость реки «Сисим», Красноярский край,	v_{fluss} , м/с	2

Березовский район, пос. Березовка		
Коэффициент использования энергии потока (КПД турбины)	C_p	0,4
Диаметр рабочего колеса	D_r , м	1
Длина рабочего колеса	L_r , м	2
Плотность воды	ρ_w , кг/м ³	1000
Общий КПД гидронасоса	η_p	0,9
Объемный КПД насоса	$\eta_{vol.p}$	0,95
Общий КПД гидромотора	η_{hm}	0,9
Механический КПД гидромотора	$\eta_{hm.m}$	0,95
Общий КПД генератора	η_{gen}	0,8
Коэффициент быстроходности рабочего колеса	U	2,25
Тип рабочего колеса	Ортогональное	

2. Расчет мощности и выбор приводного оборудования.

Мощность рабочего колеса на определенном участке реки рассчитаем по формуле известной из[4]:

$$P_r = \frac{\rho_w v_f}{2} C_p F_r, \text{ Вт},$$

где v_f – скорость реки, м/с; C_p – коэффициент использования энергии потока; $F_r = D_r L_r$ – площадь захватываемая рабочим колесом м²; D_r – диаметр рабочего колеса, м; L_r – длина рабочего колеса, м.

Частота вращения рабочего колеса:

$$n_r = \frac{v_f U}{\pi D_r}, \text{ с}^{-1},$$

где U – коэффициент быстроходности рабочего колеса.

Предварительная мощность генератора с учетом потерь в гидронасосе, гидромоторе, генераторе:

$$P_{gen} = P_r \eta_p \eta_{hm} \eta_{gen}, \text{ Вт},$$

где η_p – общий КПД гидронасоса; η_{hm} – общий КПД гидромотора; η_{gen} – общий КПД генератора.

Итоговую мощность этой установки «микроГЭС-2» найдем по формуле:

$$P_A = P_r \eta_G \eta_{gen}, \text{ Вт},$$

Таблица 2

Характеристики генератора

Наименование параметра	Параметр, ед. изм.	Величина.
Заводская мощность	$P_{gen.A}, \text{ Вт}$	2200
Номинальная частота вращения	$n_{gen}, \text{ с}^{-1}$	25
Напряжение сети	$U_{gen}, \text{ В}$	220
Частота тока	$f_{gen}, \text{ Гц}$	50
Сила тока	$I_{gen}, \text{ А}$	N
КПД	η_{gen}	0,8
Масса	m, кг	N
Степень защиты	IP	23

Крутящий момент генератора:

$$M_{gen} = \frac{P_{gen}}{\omega_{gen}}, \text{ Нм},$$

где $\omega_{gen} = 2\pi n_{gen}, \text{ рад./с.}$

Назначим гидромотор, который сможет реализовать крутящий момент необходимый генератору. Воспользуемся известной формулой для расчета крутящего момента гидромотора:

$$M_{hm} = \frac{V_{om} p_{nom} \eta_{gm.m}}{2\pi}, \text{ Нм}. \quad (1)$$

Положим, что:

$$M_{hm} = M_{gen},$$

Зададим номинальное давление в гидросистеме, тогда найдем рабочий объем гидромотора. Выразим из формулы (1) рабочий объем гидромотора:

$$V_{0hm.B} = \frac{2\pi M_{hm}}{p_{nom} \eta_{hm.m}}, \text{ м}^3,$$

где $\eta_{hm.m}$ – гидромеханический КПД гидромотора.

Объемный КПД гидромотора:

$$\eta_{vol.hm} = \frac{\eta_{hm}}{\eta_{hm.m}},$$

Положим, что частота вращения вала гидромотора равна частоте вращения вала генератора:

$$n_{hm} = n_{gen},$$

Расход гидромотора определяем по формуле:

$$Q_{hm.B} = \frac{V_{0hm1} n_{hm}}{\eta_{vol.hm}}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}},$$

Подберем параметры гидронасоса. Подачу насоса найдем из соотношения:

$$Q_{p.B} = Q_{hm.B},$$

Частота вращения вала гидронасоса равна частоте вращения вала рабочего колеса микроГЭС:

$$n_p = n_r,$$

Рабочий объем насоса определяем по известной формуле:

$$V_{0p.B} = \frac{Q_{p.B}}{n_p \eta_{vol.n}}, \text{ см}^3,$$

Пересчитаем подачу насоса:

$$Q_{p.Pr} = V_{0.p.Pr} \cdot n_p \cdot \eta_{vol.p}, \frac{\text{м}^3}{\text{с}},$$

Так как рабочий объем выбранного насоса выше расчетного, определим расчетный коэффициент мультипликации по рабочим объемам:

$$k = \frac{V_{0.p.Pr}}{V_{0.hm.Pr}} = 19,393,$$

Пересчитаем рабочий объем гидромотора согласно k.

$$V_{0.hm.Pr} = \frac{V_{0.p.Pr}}{k}, \text{ м}^3,$$

Пересчитаем M_{hm} по формуле (1):

$$M_{hm.Pr} = \frac{V_{0hm.Pr} p_{nom.Pr} \eta_{hm.m}}{2\pi}, \text{ Нм.}$$

Результат расчета параметров гидропривода

Наименование части установки	Наименование параметра	Параметр, ед. изм.	Величина
Турбина	Мощность	$P_r, \text{Вт}$	3200
	Рабочая площадь	$F_r, \text{м}^2$	2
	Частота вращения	$n_r, \text{с}^{-1}$	1,432
Генератор	Расчетная мощность	$P_{\text{gen.B}}, \text{Вт}$	2074
	Угловая скорость вала	$\omega_{\text{gen}}, \text{рад/с}$	157
	Крутящий момент	$M_{\text{gen}}, \text{Нм}$	17,507
Гидропривод	Предварительный КПД	η_{mhs}	0,648
	Номинальное давление расчетное	$p_{\text{nom.B}}, \text{Па}$	$25 \cdot 10^6$
	Номинальное давление проектное	$p_{\text{nom.Pr}}, \text{Па}$	$22 \cdot 10^6$
Гидромотор	Крутящий момент расчетный	$M_{\text{hm.B}}, \text{Нм}$	17,507
	Крутящий момент проектный	$M_{\text{hm.Pr}}, \text{Нм}$	18,335
	Рабочий объем расчетный	$V_{0\text{hm.B}}, \text{м}^3$	$4,632 \cdot 10^{-6}$
	Рабочий объем проектный	$V_{0\text{hm.Pr}}, \text{м}^3$	$5,518 \cdot 10^{-6}$
	Объемный КПД	$\eta_{\text{vol.hm}}$	0,95
	Частота вращения вала	$n_{\text{hm}}, \text{с}^{-1}$	25
	Расход расчетный	$Q_{\text{hm.B}}, \text{м}^3/\text{с}$	$0,122 \cdot 10^{-3}$
	Расход проектный	$Q_{\text{hm.Pr}}, \text{м}^3/\text{с}$	$0,146 \cdot 10^{-3}$
Гидронасос	Расход расчетный	$Q_{\text{p.B}}, \text{м}^3/\text{с}$	$0,122 \cdot 10^{-3}$
	Расход проектный	$Q_{\text{p.Pr}}, \text{м}^3/\text{с}$	$0,146 \cdot 10^{-3}$
	Рабочий объем расчетный	$V_{0\text{p.B}}, \text{м}^3$	$89,818 \cdot 10^{-6}$
	Рабочий объем проектный	$V_{0\text{p.Pr}}, \text{м}^3$	$107 \cdot 10^{-6}$

Полученный результат расчета по предложенному выше алгоритму отражен в таблице 3.

По данным приведенным в таблице 3 подбираем гидрооборудование, например, производителя ОАО «Пневмостроймашина», г. Екатеринбург: Гидронасос. 411.К.107; Гидромотор. 303.12.

Результаты уточненного расчета приведены в таблицах 4 и 5.

Таблица 4

Зависимость КПД мультипликационной гидравлической системы для свободнопоточной микроГЭС

Вид КПД	Температура рабочей жидкости, T_F °C				
	0	20	40	60	80
Гидравлический η_h	0,934	0,977	0,997	0,999	0,999
Механический η_m	0,903	0,903	0,903	0,903	0,903
Объемный η_{vol}	0,951	0,941	0,931	0,922	0,903
Общий η_G	0,801	0,83	0,838	0,831	0,814

Таблица 5

Результат расчета тепловых характеристик гидравлической системы для свободнопоточной микроГЭС

Наименование параметра	Параметр, ед. изм.	Величина
Объем гидробака	$V_t, \text{м}^3$	0,016
Площадь теплоотдачи	$F_t, \text{м}^2$	0,438
Площадь теплоизлучающих поверхностей	$F_k, \text{м}^2$	1,051
Коэффициент теплопередачи	α_k	2,4
Тепловой поток	$Q_k, \text{Вт}$	466,56
Начальная температура рабочей жидкости при максимальной температуре окружающей среды	$T_{F,0}, \text{°C}$	40
Установившаяся температура рабочей жидкости при работе гидропривода	$t_{st}, \text{°C}$	43
Общий КПД гидропривода	η_G	0,84
Итоговая мощность установки микроГЭС-2	$P_A, \text{кВт}$	2,15

На основании вышеизложенного, можно сделать вывод о возможности реализации гидрообъемной трансмиссии для микроГЭС.

Список литературы

- [1]. Личадеев И. С. Мультипликационная гидравлическая система для микроГЭС и ВЭУ // Молодежный научно-технический вестник. 2016. № 9. Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/doc/848482.html> (дата обращения 26.06.2017)
- [2]. Личадеев И. С. Анализ возможности использования мультипликационной гидросистемы для свободнопоточной микроГЭС // Международная конференция студентов, аспирантов и молодых ученых «Перспективны – 2015»: Гидравлические машины. Гидроприводы. Гидропневматика: сб. материалов. Красноярск: Сибирский Федеральный Университет, 2015. С. 22-27.
- [3]. Спиринов Е.А., Никитин А.А., Головин М.П., Карпенко В.В. О выборе типа МИКРОГЭС и ее оптимальной мощности в зависимости от гидрологических параметров // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2014. Т. 16. № 1-2. С. 543-547.
- [4]. Головин М.П., Спиринов Е.А., Никитин А.А. О выборе типа и параметров МИКРОГЭС // Всероссийская научно-практическая конференция молодых ученых, специалистов, аспирантов и студентов «Гидроэлектростанции в XXI веке»: сб. трудов конференции. Саяногорск: Саяно-Шушенский филиал Сибирского Федерального Университета, 2014. С. 72-87.