

АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РЕЖИМОВ РАБОТЫ НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ВОДОЗАБОРА «ИПУТЬ»

П. Н. Лабушев

Учреждение образования «Гомельский государственный технический университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. А. Капанский

Рассчитаны энергетические показатели за четыре исследуемых года, такие как коэффициент загрузки, коэффициент включений и коэффициент использования. Также определен ежемесячный объем потребляемой электроэнергии водозабора исследуемых годов и сравнение их до и после января 2024 года. Отмечено, что полученные данные могут быть полезны для самого водозабора при прогнозировании коэффициентов электропотребления от объемов подаваемой воды.

Ключевые слова: электропотребление, насосное оборудование, режимы работы, водозабор.

Водозабор «Ипуть» располагается на территории г. Гомеля и относится к восточному водозаборному сооружению. В состав водозабора входит десять артезианских скважин, станция обезжелезивания, две запасно-регулирующих емкости (резервуаров), насосная станции II-го подъема, хлораторная, сооружение повторного использования промывной воды. Наибольший интерес из этого списка представляют глубинные насосы, располагаемые в скважинах. Заведомо известно, что режим работы этого оборудования в период с 2019 по 2023 г. являлся наиболее стабильным с точки зрения загруженности. Но, начиная с 2024 г. на объекте был прорван один из подающих водоводов в город. Для оценки влияния данного события были получены и оцифрованы следующие данные:

- журнал насосной станции первого подъема воды;
- журнал насосной станции второго подъема воды;
- значения линейных токов по фазам, фазных напряжений и соответствующих значений активной мощности;
- маркировки насосов, располагаемых в глубине артезианских скважин.

Целью работы является оценка влияния произошедшего события на энергетические показатели водозабора, такие как коэффициент загрузки, коэффициент включений и коэффициент использования. Зная эти значения, можно составить их зависимость от объема подаваемой воды водозабора.

Коэффициент загрузки электрооборудования характеризует отношение нагрузки электроприемника в данный момент времени к установленной мощности:

$$k_z = P_{\phi} / P_{1.\text{ном}}, \quad (1)$$

где $P_{\phi} = P_A + P_B + P_C$ – фактическая потребляемая мощность по соответствующим фазам A, B и C, кВт; $P_{1.\text{ном}}$ – номинальная потребляемая мощность электродвигателя, кВт.

Номинальная потребляемая мощность электродвигателя считается как произведение номинальной механической мощности на КПД. Просуммировав активную мощность насоса по фазам и разделив ее на номинальную, получим значение коэффициента для каждой скважины. И так как значения электрических величин известны только за 2019 г., компоновка насосного оборудования по нынешний момент

времени не изменилась и коэффициент не зависит от общей динамики подачи воды, для расчета последующих коэффициентов коэффициент загрузки был принят как основной за 2019 г. Из анализа полученных значений можно сказать, что большинство скважин работают в нормальном режиме – в среднем от 0,8 до 0,96, но также наблюдаем, что три скважины работают в режиме перегрузки, что не является нормой, но допустимо при эксплуатации электрооборудования.

Коэффициент включений зависит от времени работы электрооборудования за некий промежуток времени или фонд времени. В нашем случае был принят месячный фонд рабочего времени января, который составляет 31 день или 744 ч:

$$k_{\text{в}} = \frac{T_{\text{р}}}{T_{\text{м.ф}}}, \quad (2)$$

где $T_{\text{р}}$ – время работы двигателя насоса, ч; $T_{\text{м.ф}}$ – месячный фонд рабочего времени, ч.

Благодаря оцифрованным журналам времени работы каждой скважины за 2019, 2023, 2024 и 2025 гг., можно рассчитать коэффициент включения. Этот коэффициент уже зависит от динамики подачи воды, т. е. чем больший объем воды нужно поднять, тем большее количество времени это займет.

Полученные коэффициенты являются множителями для расчета коэффициента использования. Он характеризует загрузку электрооборудования как по электрической мощности, так и по времени его работы:

$$k_{\text{и}} = k_{\text{з}} \cdot k_{\text{в}}, \quad (3)$$

где $k_{\text{з}}$ – коэффициента загрузки электроприемника; $k_{\text{в}}$ – коэффициента включения.

Полученные коэффициенты были рассчитаны для каждой скважины за отдельные годы. Возьмем среднее арифметическое значение соответствующих коэффициентов за четыре исследуемых года для построения сводного графика, приведенного на рис. 1. Важно отметить, что как раз в 2019 г., принятом за основной год, значение примерно равняется 0,7, что является стандартом для электрического оборудования в целом. Однако после изменения режима работы наблюдается спад до 0,46.

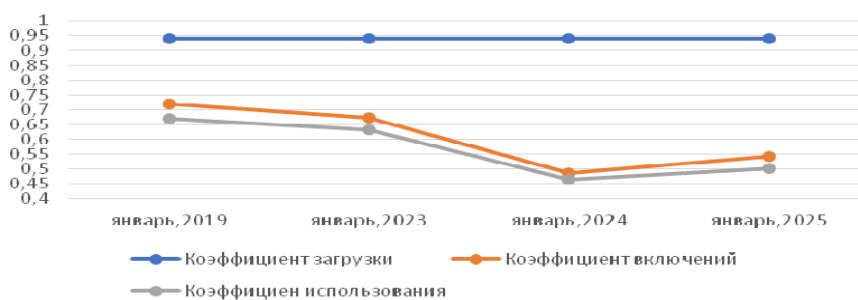


Рис. 1. Сводный график зависимости коэффициентов от исследуемого года

С помощью рассчитанного коэффициента использования, а также полученных данных о номинальной мощности можно определить потребляемую энергию артезианских скважин:

$$W = P_n \cdot k_n \cdot T_{м.ф}, \quad (4)$$

где P_n – номинальная мощность двигателя насоса, кВт; k_n – коэффициент использования, $T_{м.ф}$ – месячный фонд рабочего времени электрооборудования, ч.

На рис. 2 демонстрируются результаты прогнозирования электропотребления насосных агрегатов первого подъема воды в зависимости от исследуемого года.



Рис. 2. Сводный график зависимости потребляемой мощности от исследуемого года

По приведенным графикам теперь можно сделать вывод о том, что в период с 2019 по 2023 г. режимы работы для водозабора являлись стабильными. Однако, начиная с января 2024 г. и до настоящего времени, возникшее аварийное событие привело к значительному снижению энергетических показателей и, как следствие, уменьшению электропотребления. Полученная информация может пригодиться для эксплуатационного персонала водозабора в части анализа влияния загрузки оборудования на энергетическую эффективность, что особенно актуально при подборе стратегий управления насосными станциями. Благодаря представленным результатам, появляется возможность прогнозировать режимы работы оборудования. В связи с чем возникает задача проведения дальнейших исследований по выявлению закономерностей влияния загрузки водозабора на показатели, характеризующие графики электрических нагрузок.

Литература

1. Optimize the cost of paying for electricity in the water supply system by using accumulating tanks / A. Kapanski, N. Hruntoich, S. Bakhur [et al.] // E3S Web of Conferences, Prague, 14–15 May 2020. – Prague, 2020. – P. 01065. – DOI 10.1051/e3sconf/202017801065. – EDN CSSMKC.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ОДНОФАКТОРНОГО ДИСПЕРСИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ ВЫЯВЛЕНИЯ ГРУПП ПОТРЕБИТЕЛЕЙ ЧАСТНОГО ЖИЛОГО СЕКТОРА

В. В. Павлов, Д. И. Веремеева

Учреждение образования «Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого», Республика Беларусь

Научный руководитель А. А. Капанский

Представлен алгоритм проведения однофакторного дисперсионного анализа для данных об электропотреблении частного жилого сектора, который в дальнейшем позволит