УДК 67.05

к.т.н., доцент кафедры «Энергоснабжение промышленных предприятий», ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», e-mail: arsent'yevov@rambler.ru

Арсентьев Олег Васильевич,
Поляков Семен Олегович,
обучающийся группы ЭЭ-17-1,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»,
Хащенко Антон Евгеньевич,
обучающийся группы ЭЭ-17-1,
ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет»

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ ПРЕДПРИЯТИЯ «ВОДОКАНАЛ»

Arsent'yev O.V., Polyakov S.O., Khashenko A.E.

ENSURING RELIABILITY OF ELECTRICITY SUPPLY OF OBJECTS ENTERPRISES «VODOKANAL»

Аннотация. В статье рассмотрен способ повышения надежности электроснабжения объекта городского хозяйства «Водоканал» путем резервирования источника электроэнергии, применения дизель-генераторных установок. Для более эффективного использования оборудования насосных станций предлагается использовать регулируемый электропривод в сочетании с современными системами автоматизации и управления.

Ключевые слова: электроснабжение, система управления, энергосбережение, регулирование, автоматизация.

Abstract. The article discusses a way to improve the reliability of power supply to the "Vodokanal" municipal facility by reserving a source of electricity, using diesel generator sets. For a more efficient use of pumping station equipment, it is proposed to use an adjustable electric drive in combination with modern automation and control systems.

Keywords: power supply, control system, energy saving, regulation, automation.

Современное городское хозяйство по обеспечению холодным водоснабжением, водоотведением и канализацией водостоков является сложным предприятием, с большим количеством взаимосвязанных объектов разного уровня сложности и ответственности. Электроснабжение этого комплекса отличается спецификой, которая заключается в следующих особенностях:

- большое разнообразие объектов с точки зрения технологических процессов (насосные станции, канализационно-насосные станции (КНС), станции подпора, очистные сооружения, водозаборные объекты т.п.);

- разная категоричность электроснабжения, обусловленная неоднозначной ответственностью отдельных объектов (особая – водозабор, 1 - очистные и КНС, 2 – станции подпора и т.д.);

- как правило, объекты располагаются в городской черте, в зонах плотной жилой, административно-хозяйственной, культурно-бытовой, торгово-промышленной застройки, где очень сложно организовать требуемый уровень электроснабжения.

Эти отличия никак не сказываются на ответственности, которая возлагается на весь комплекс сооружений предприятия «Водоканал». При этом обеспечение требуемой категории электроснабжения отдельного объекта является важной задачей, решение которой актуально как для действующих сооружений (с учетом постоянно вводимых дополнительных требований по надежности с возможным изменением категоричности), так и для вновь проектируемых, вводимых в эксплуатацию и проходящих модернизацию электрооборудования станций. Решение проблемы надежности электроснабжения в каждом отдельном случае требуется решать с учетом специфики объекта и сравнения конкурирующих вариантов, как по технологическим, так и по экономическим аспектам [1].

Второй особенностью электроснабжения является его энергосберегающая составляющая, без которой современные системы практически не рассматриваются. В России и других странах бывшего СССР в настоящее время наиболее насущным является бытовое энергосбережение, а также энергосбережение в сфере ЖКХ. Препятствием к его осуществ-

лению является сдерживание роста тарифов для населения на отдельные виды ресурсов (электроэнергия, газ), отсутствие средств у предприятий ЖКХ на реализацию энергосберегающих программ, низкая доля расчетов по индивидуальным приборам учёта и применение нормативов, а также отсутствие массовой бытовой культуры энергосбережения. Задача энергосбережения имеет два направления:

- организационно-технические мероприятия, направленные на исключение бесполезного расходования энергоресурсов,
- внедрение энергоэффективных технологий и энергосберегающего оборудования, которое позволяет выполнять тот же объем работ при меньших затратах электроэнергии.

Водопроводно-канализационное хозяйство является энергоемким производством. В себестоимости продукции водоканалов затраты на электроэнергию достигают 25% и более. Основная доля потребления электроэнергии приходится на подъем и перекачивание воды водо-проводными и канализационными насосными станциями. Традиционно регулирование параметров работы насосных установок (расхода, напора) на многих объектах до настоящего времени осуществляется путем дросселирования с помощью заслонки [2, 3]. В результате потери энергии достигают 20-25%, а при неправильном выборе насосов - до 30-40%.

Рассмотрим один из способов решения задач по повышению надежности электроснабжения и энергоэффективности использования оборудования и ресурсов на примере КНС-1258, входящей в состав МУП «Водоканал» г. Иркутск. Исходной схемой электроснабжения этого объекта была система, состоящая из одного источника, без возможности какого-либо резервирования или переключения питания, что соответствовало 3 категории электроснабжения. Эта КНС была построена и введена в эксплуатацию 25 лет назад, когда требования к надежности ее работы были менее жесткие и схема электроснабжения обеспечивала потребности технологического процесса.

Анализ работы этой КНС определил, что уровень автоматизации оборудования был достаточно низким, энергосберегающие технологии практически отсутствовали. Изначально на КНС-1258 в работе находились два насосных агрегата СД 160/456, оснащенные

электродвигателями АИР 180S4 мощностью 22 кВт каждый. Производительность насоса $Q = 128 \text{ м}^3$, напор $H = 30 \text{ м}$.

Управление в автоматическом режиме насосами КНС осуществлялось прибором САУ-6М фирмы «ОВЕН», с использованием закрепленных на изолирующей площадке кондуктометрических электродов из нержавеющей стали, размещенных в приемном отделении. Один из электродов всегда погружен в воду, другие через изменение проводимости в момент замыкания на воду передают сигнал на САУ-6М, и, в зависимости от того, какой уровень жидкости достигнут, срабатывает соответствующее внутреннее реле прибора, дающее сигнал на запуск агрегатов. Чередуемость насосов осуществлялась машинистом, путем переключения ключа выбора агрегатов, размещенного на щите управления. При отказе автоматической работы данной системы, машинист имеет возможность вручную запустить и остановить агрегаты в любой последовательности. Защита агрегатов осуществлялась приборами «Протек УМЗ-С50» фирмы НПП ООО «Дион» г. Томск. Регулировка характеристик осуществлялась методом дросселирования, с помощью запорной задвижки.

Для обеспечения требуемых характеристик электроснабжения в современных условиях производства необходимо изменить категоричность, довести ее до 1 уровня, улучшить работу технологического оборудования КНС путем внедрения современных энергосберегающих технологий, повысить уровень автоматизации станции до современного путем внедрения цифровых технологий в передачу и обработку информации.

За основу изменений системы электроснабжения КНС было принято техническое решение, учитывающее особенности расположения объекта и электросетевой структуры района. Резервирование системы электроснабжения КНС было решено с помощью дополнительного источника – дизель-генераторной установки (ДГУ), по примеру обеспечения особой группы.

На рисунке 1 приведена разработанная схема электроснабжения КНС. В главном распределительном щите выполнено распределение на 2 независимых ввода, но фактически подключен только один из них (возможность подключения второго ввода оставлена). Собраны 2 секции шин – соответственно 1 секция и 2 секция, между которыми

установлен секционный автоматический выключатель.

Автоматические выключатели на вводах и секционный снабжены электрическими приводами. Схема автоматического ввода резерва (АВР) выполнена с использованием программируемого реле Zelio SR2B201FU Schneider Electric. Наличие напряжения на вводах контролируют реле напряжения РНПП-311М. На дверце шкафа главного распределительного щита (ГРЩ) установлен ключ АВР, а также выполнена световая сигнализация исправности вводов, наличия на них напряжения, световая сигнализация, показывающая состояние вводных и секционных автоматических выключателей.

Из-за невозможности в течение длительного времени проведения на станцию второго независимого питающего ввода была выполнена установка на второй ввод перекидного рубильника Hager406A и установлен дизель-генератор Atlas Copco мощностью 14 кВА, запуск которого осуществляется при

исчезновении питающего напряжения с первого ввода.

Таким образом, может быть обеспечена необходимая для таких объектов категория надежности электроснабжения. По закону для населенных пунктов с численностью населения более 50000 человек насосные станции, обеспечивающие водоснабжение и водоотведение, должны иметь 1 категорию (Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184 - ФЗ "О техническом регулировании").

Частотные преобразователи «Altivar 312» Schneider Electric, осуществляющие пуск и останов насосных агрегатов, не позволят перегрузить дизель-генератор пусковыми токами электродвигателей.

Нагрузка станции такова, что одновременной работы двух насосных агрегатов не потребуется.

Порядок работы схемы АВР следующий. В нормальном режиме, при котором питающее станцию напряжение подается со стороны первого ввода, включен автоматический выключатель 1 ввода.

Рисунок 1 – Схема электроснабжения КНС

При исчезновении питающего напряжения с первого ввода, через нормально замкнутый контакт реле контроля напряжения РНПП-311М пройдет сигнал на запуск дизель генератора.

После запуска генератора напряжение появится на вводе 2 перекидного рубильника. Если контакты ввода 2 рубильника будут находиться в отключенном состоянии, он переключится таким образом, чтобы подать напряжение с ввода 2 на контакты автоматического выключателя ввода 2. Программируемое реле, получив питание, распознает через контакты реле контроля напряжения, что на вводе 1 и вводе 2 отсутствует напряжение и дает команду отключить автомат 1 ввода. Затем, когда станция отключена от внешнего питания, которое может быть подано неожиданно, выдается команда включить автоматический выключатель 2 ввода. Выполнив эту команду, автоматический выключатель 2 ввода подаст напряжение на 2 секцию шин ГРЩ. Затем от программируемого реле поступает команда включить секционный выключатель, чтобы запитать 1 секцию шин. Таким образом, напряжение подается на обе секции шин ГРЩ. Насосная станция получает питание от дизель генератора. Режим считается аварийным. По системе диспетчерского контроля в центральную диспетчерскую передаются сигналы о том, что напряжение на вводе 1 отсутствует, дизель генератор запущен, напряжение на вводе 2 присутствует.

После согласования с органами Ростехнадзора установке на станции генератора, насосной станции может быть присвоена 1 категория надежности электроснабжения.

Для автоматизации управления агрегатами насосных станций используются контроллеры самых различных производителей. От общепромышленных, выпускаемых фирмами «SIEMENS» и «Schneider Electric», до специализированных от фирм-производителей «Grundfos», «Flygt», «Wilo», «Взлет».

Для организации типовой автоматизации КНС предлагается использовать исполнение системы автоматического управления несколькими насосными агрегатами [2, 3], состоящей из следующих элементов:

- измерителя-регулятора ТРМ-202 фирмы «Овен»;
- аналогового датчика уровня, передающего сигнал 4-20mA на ТРМ-202;
- программируемого реле фирмы «Schneider Electric» Zelio SR2B201BD – для станции с двумя насосными агрегатами;
- Zelio SR3B261BD – для станции с тремя насосными агрегатами, принимающими от ТРМ-202 сигнал 0-10 В по аналоговому входу.

Существуют схемы, при использовании которых один преобразователь частоты может управлять несколькими насосами. При этом преобразователь по заданной программе с помощью карты переключения насосов может сам определять, какой насос включить для равномерной наработки моточасов на всех присутствующих агрегатах. Такая схема экономически выгодна при большом количестве насосов. На переоборудуемой насосной станции всего два насосных агрегата. Станция без персонала, и при выходе из строя одного единственного преобразователя, частично выполняющего функции автоматического управления, станция останется без управления. Поэтому, в данном случае, применение вышеупомянутой схемы управления было бы нецелесообразно. Решение, обеспечивающее большую надежность - установить два ПЧ и организовать чередование их работы с помощью программируемого реле Zelio.

Таким образом, проведенная техническая модернизация КНС позволила повысить надежность ее электроснабжения, перевести ее в 1 категорию. Применение энергосберегающих технологий с современным уровнем автоматизации существенно повысил технологические возможности объекта «Водоканала».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Крюков А.В., Арсентьев О.В. Арсентьев Г.О. Модельные исследования несимметрии в трехфазных электрических сетях / А.В. Крюков, О.В. Арсентьев, Г.О. Арсентьев // Сборник научных трудов Ангарской государственной технической акаде-

мии: Изд-во АГТА, г. Ангарск. – 2015. Т. 1. № 1. С. 122-131.

2. Арсентьев О.В. Исследование частотно-управляемой асинхронной нагрузки при физическом моделировании энергосистемы / О.В. Арсентьев // Сборник научных

трудов Ангарской государственной технической академии: Изд-во АГТА, г. Ангарск. – 2005. Т. 1. № 1. С. 187-192.

3. Коновалов, Ю.В. Исследование пуска электроприводов с двигателями переменного тока / Ю.В. Коновалов, Д.О. Гера-

симов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование: Изд-во ИрГУПС, г. Иркутск. – 2012. № 4 (36). С. 142-149.

УДК 621.311

Буякова Наталья Васильевна,

к.т.н, доцент кафедры электроснабжения промышленных предприятий,

ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», e-mail: bn_900@mail.ru

ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ВЛИЯНИЕ ТРЕХФАЗНОЙ ЛИНИИ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧИ И ТЯГОВОЙ СЕТИ НАПРЯЖЕНИЕМ 25КВ

Buyakova N.V.

ELECTROMAGNETIC INFLUENCE OF THREE-PHASE LINES OF ELECTRIC TRANSMISSION AND TRACTION NETWORK 25KV

Аннотация. В статье представлены методика и результаты моделирования электромагнитных полей, создаваемых линиями электропередачи 25 кВ и тяговыми сетями 25 кВ. При этом применялись методы определения режимов электроэнергетических систем (ЭЭС) на базе фазных координат, в основу которых положены модели элементов в виде решетчатых схем замещения с полносвязной топологией. Эти модели и методы реализованы в программном комплексе Fazonord-APC, обеспечивающем моделирование стационарных режимов ЭЭС, а также определение напряженностей электромагнитного поля, которое создается линиями электропередачи различного конструктивного исполнения.

Ключевые слова: электроэнергетические системы, линии электропередачи, электромагнитная безопасность.

Abstract. The article presents the methodology and results of modeling electromagnetic fields generated by 25 kV power lines and 25 kV traction networks. In this case, methods were used to determine the modes of electric power systems (EPS) based on phase coordinates, which are based on element models in the form of lattice equivalent circuits with a fully connected topology. These models and methods are implemented in the Fazonord-ARS software package, which provides simulation of stationary EES modes, as well as determination of electromagnetic field strengths, which are created by power lines of various designs.

Keywords: electrical power systems, power lines, electromagnetic safety.

Электротехнический персонал электроустановок тягового электроснабжения подвергается воздействию комплекса вредных факторов производственной среды, основными из которых являются электрическое (ЭП) и магнитное поля (МП).

В связи с этим, в последние годы при проектировании и эксплуатации электроустановок высокого напряжения все большее внимание уделяется их электромагнитной совместимости с жизнедеятельностью человека. Это, в первую очередь, связано с проведением исследований в области влияния электромагнитных полей на здоровье человека. В частности, ранее не было четкой оценки негативного влияния на жизнедеятельность людей магнитных полей промышленной частоты. Главной причиной то-

му явилась невозможность человеком ощутить магнитное поле в момент его воздействия и проявление последствий этого влияния лишь по истечении достаточно большого промежутка времени.

Основными объектами электроэнергетики, при эксплуатации которых возникают опасные магнитные поля промышленной частоты, являются линии электропередачи (ЛЭП) различного конструктивного исполнения, подстанции высокого напряжения и тяговые сети (ТС) переменного тока, которые из-за электромагнитной неуравновешенности создают сравнительно большие электрические и магнитные поля. Следует отметить, что воздействию электромагнитного поля вблизи ЛЭП и ТС может подвергаться как специализированный персонал, так и