

К ПРИЧИНАМ ПОРЫВОВ ВОДОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ ПРИ ПУСКАХ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

Одной из наиболее острых проблем в системе ЖКХ является наличие частых порывов водопроводных систем, которые сопровождаются значительными утечками воды, затратами на ремонт и восстановительные работы. Обычно это объясняют изношенностью водопроводных сетей. И действительно, во многих городах изношенность составляет более 50 лет, а в некоторые сети были заложены более 100 лет назад. Ежегодно на замену изношенных участков водопроводных сетей тратятся десятки миллионов гривен [1].

Однако большое число порывов наблюдается и в относительно не старых водопроводных сетях. Например, в сетях станции второго подъема п.г.т. Солонищевка (г.Харьков) ежегодно имело место до 60 порывов. Однако после внедрения разработанного кафедрой «Автоматизированные электромеханические системы» Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» и внедренного в опытную серию на «Харьковском приборостроительном заводе им. Шевченко» преобразователя частоты для энергосберегающего электропривода число порывов водопроводной сети сократилось до 8-10 в год, при этом экономия воды составила около 20%.

Информация о том, что в 2011г. по данным Харьковского КП «ПТП «Вода» остановки нескольких насосных станций всего на 10 минут было достаточно, чтобы после возобновления их работы давление воды повредило трубы на многих участках. На сетях возникало до сотни одновременно существующих порывов, тогда как ликвидировать за сутки удавалось лишь 17[1].

Вышеуказанные факты побудили автора рассмотреть возможность влияния волновых процессов в водопроводной сети при пуске электроприводов как возможной причины порывов. Моделирование процессов пуска насосных агрегатов на водопроводную сеть, рассматриваемую как линию с распределенными параметрами, подтвердило факт существования повышения давления при прямых пусках электроприводов насосных агрегатов [2].

Опыт эксплуатации показывает, что весьма часто порывы имеют место в местах сужения водопроводной сети при разводке водоснабжения за магистральным коллектором. Целью настоящей работы является проверка возможности возникновения бросков давления при пусках насосных агрегатов в магистральной водопроводной сети, имеющей сужения.

На рис.1 показана математическая модель в структурной форме электропривода насосной установки, работающей на водопроводную сеть, которая состоит из:

- асинхронного двигателя, в котором звено электромеханического преобразования энергии представлено апериодическим звеном первого порядка;
- модель трубопроводной сети и потребителя принята из [3]; - в качестве регулятора давления взят ПИ-регулятор с передаточной функцией

$$W_p = k_p + \frac{k_p}{T_n p}, \tag{1}$$

где k_p – коэффициент усиления регулятора давления, T_n – постоянная времени регулятора давления.

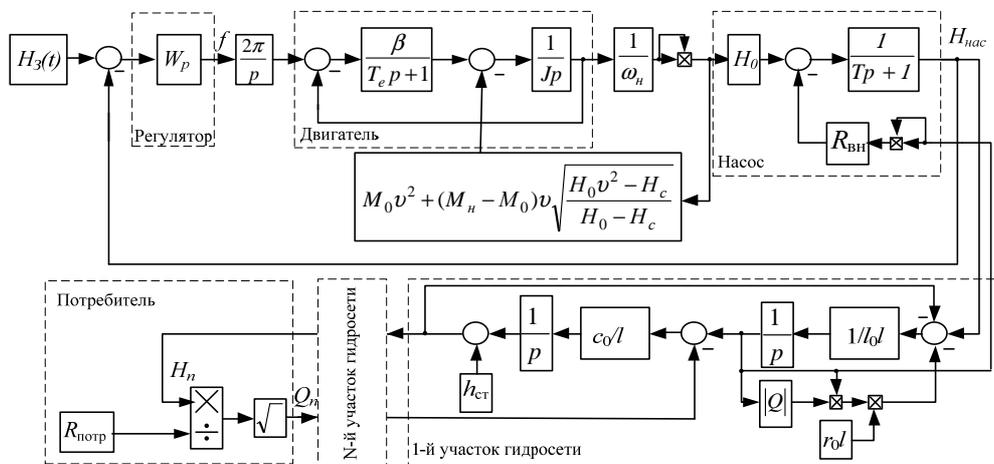


Рис. 1 – Математическая модель в структурной форме электропривода насосной установки, работающей на водопроводную сеть

Моделирование проводилось для насосной станции, осуществляющей подачу воды с помощью центробежного насоса мощностью $P_n=15$ кВт. Номинальный напор и производительность насоса соответственно равны $H_n=28$ м и $Q_n=80$ м³/ч, напор насоса при нулевой подаче составляет $H_0=32$ м. Для расчетов взято $N=20$ участков трубопровода, удельные параметры которых равны: $r_0=20,5$ с²/м⁶, $l_0=3,2$ с²/м³, $c_0=3 \cdot 10^6$ м⁻¹. Предполагалось, что расход потребителя $Q_n(t)=0$, что соответствует включению насоса в ночное время, когда большинство кранов водопотребления закрыты.

С теоретической точки зрения было проведено исследование зависимости бросков давления при прямом пуске электропривода НА в зависимости от места расположения сужения в трубопроводной магистрали, представленное на рис.2. Для сравнения брались магистрали длиной 1000м, 4000м, 6000м и 10000м. Исследовалось сужение трубопровода в 4 раза, с диаметра $d=0,2$ м до $d=0,05$ м. Наибольшие броски давления наблюдаются в трубопроводах меньшей длины и могут превышать номинальное давление более чем в 7 раз.

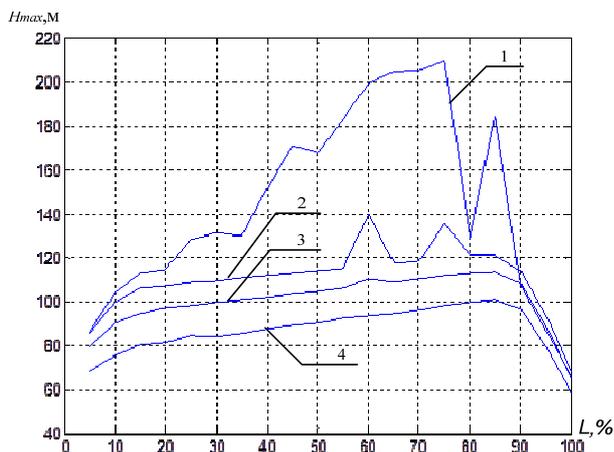


Рис.2 Зависимости максимального давления H_{max} при гидравлическом ударе при прямом пуске НА от места расположения сужения в трубопроводе длиной 1 – 1000м, 2 – 4000м, 3 – 6000м, 4 – 10000м

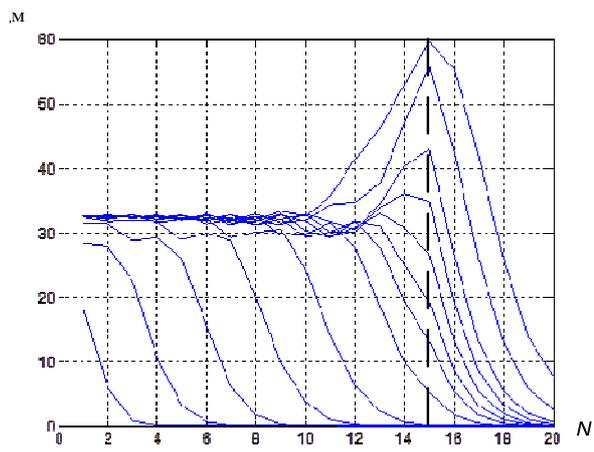


Рис.3 Распространение волн давления по длине трубопроводной магистрали при прямом пуске насоса

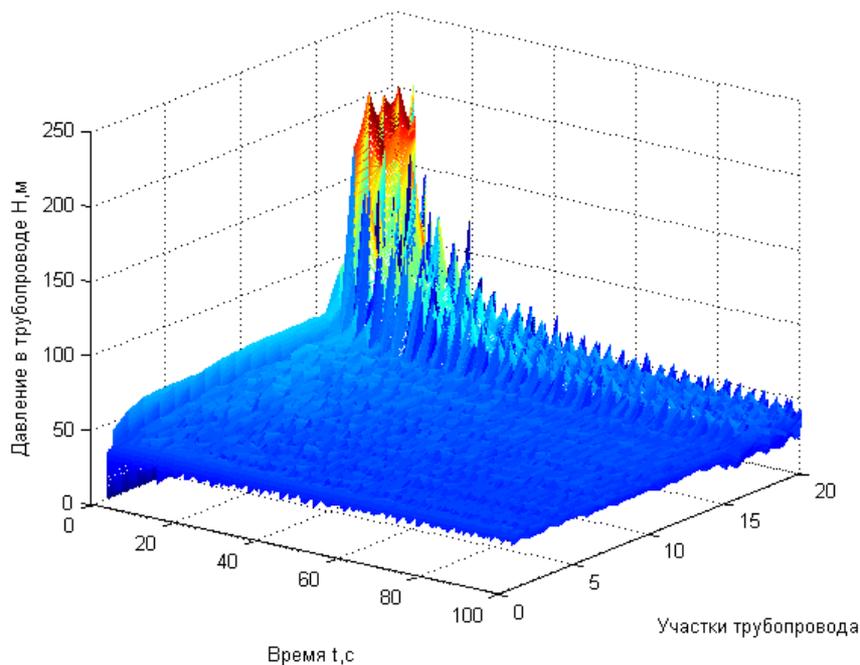


Рис.4 Изменения напора $H(t)$ по длине магистрали при прямом пуске НА

Для уяснения характера протекающих процессов получены зависимости изменения напора (рис.3, рис.4). Для исследования была выбрана конфигурация трубопровода, при которой замечено наибольшее повышение давления: длина $L=1000\text{м}$, сужение на 75% длины магистрали (150м участке). Как видно в месте сужения трубопровода волны давления происходит удар, который приводит возникновению волн повышенного давления в обоих участках трубопровода (рис. 3). Дальнейшее распространение данных волн может привести к броску давления, которое более чем в 7 раз превосходит номинальное (рис 4). Также видно, что место наибольшего повышения давления приходится на наиболее узкую часть магистрали.

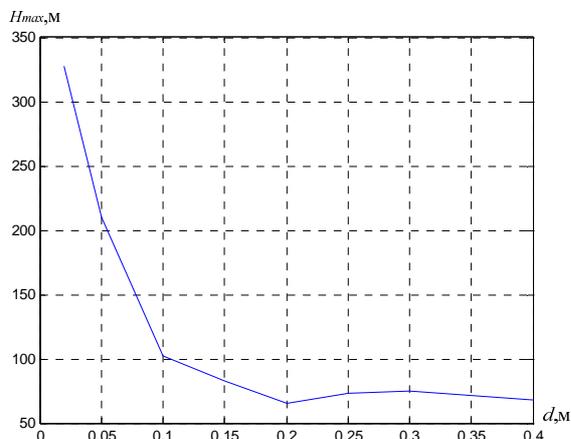


Рис.5 Зависимость бросков напора H в месте изменения диаметра трубопровода

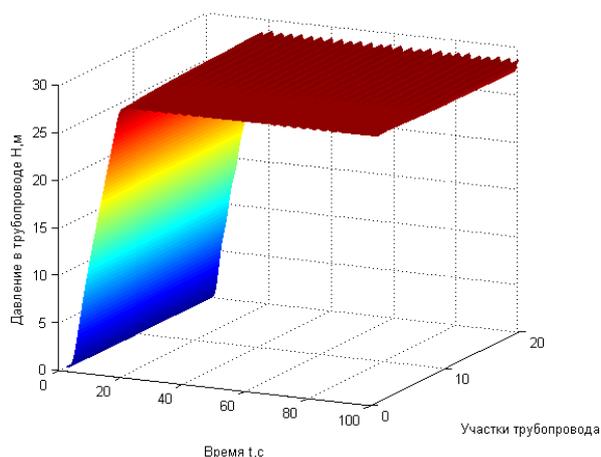


Рис.6 Изменения напора $H(t)$ по длине магистрали при пуске НА за время $t=20\text{с}$.

Получим зависимость максимального давления в трубопроводе от изменения диаметра трубопровода. Исследовался прямой пуск электропривода НА на трубопровод длиной $L=1000\text{м}$, изменение диаметра проводилось на 75% длины магистрали. Исследовалось влияние, как сужения, так и расширения диаметра магистрали. Видно, что сужение трубопровода приводит к резкому повышению давления в трубопроводе. Уменьшения сечения в 4 раза приводит к броскам давления в 7,5 раз превышающим номинальное (рис.5).

Использование системы плавного пуска с выбором времени в соответствии с соображениями, описанными в [4], позволяет добиться того, что давление в системе не будет превышать номинальное более чем на 5% (рис.6).

Выводы. Исследование переходных процессов при пуске электропривода насосного агрегата показывает возможность устранения бросков давления при гидравлическом ударе средствами частотно-регулируемого электропривода. Таким образом, использование систем регулируемого электропривода позволяет не только снизить величину потребляемой электроэнергии, но и величину средств, которые идут на восстановительные работы после порывов трубопроводов, средств связанных с производством и транспортированием объемов воды, которые идут на утечки.

Литература

1. Буряковская Т. Харьковские коммунальщики готовятся к зиме // Время. – 2011. – №673. – С. 1
2. Клепиков В.Б, Коротаев П.А., Кравец А.М. Управление динамическими нагрузками в трубопроводных сетях средствами регулируемого электропривода насоса // Приводная техника. – Москва, 2012. – №1. – С. 24 – 30.
3. Кравец А.М., Коренькова Т.В. Математическая модель гидротранспортного комплекса с управляемой трубопроводной арматурой // Електромеханічні і енергозберігаючі системи. Щоквартальний науково-виробничий журнал. – Кременчук: КДПУ, 2009. – Вип. 2 (6). – С. 29-32.
4. Коротаев П.А. Влияние параметров водопроводной сети на броски давления при пусках электроприводов насосных агрегатов // Електромеханічні та енергетичні системи, методи моделювання та оптимізації. – Кременчук, КДУ, 2013. – С. 61 – 63.