

Д.Г. ИНСЕПОВ (КНИУ)

Казахский Национальный исследовательский университет имени К.И. Сатпаева, Республика Казахстан, г. Алматы, ул. Ашхабадская, 1, 050011 тел. +7(708)107.5577, эл. почта: [d.insepov@gmail.com](mailto:d.insepov@gmail.com)

## ВЫСОКОЧАСТОТНЫЙ ИНДУКЦИОННЫЙ НАГРЕВ НЕФТЕПРОВОДА

При низких температурах позволяет уменьшить вязкость транспортируемых веществ и обеспечить работоспособность этих трубопроводов. При эксплуатации трубопроводов возможно образование конденсата и его замерзание, также необходим обогрев.

Подогрев труб может осуществляться горячей водой или паром. Экономические расчеты показывают, что при обогреве трубопроводов паром необходимы значительные капитальные затраты и высокие эксплуатационные расходы. Отечественная и зарубежная практика показывают, что при электрическом нагреве трубопроводов капитальные затраты в 1,5 раза меньше, чем при нагреве паром.

В настоящее время, например электрический нагрев, находит все большее применение. Кроме того, электрический нагрев позволяет просто регулировать температуру, а конструкции систем электрического нагрева трубопроводов проще, чем конструкции нагрева паром [1].

Электронагрев нефтепроводов может осуществляться индукционным способом:

Индукционный нагрев характеризуется выделением тепла в проводящем нагреваемом объекте и бесконтактной передачей энергии, поэтому применение индукционного нагрева нефтепроводов во многих случаях оказывается предпочтительным.

Если нагреваемый объект из металла поместить в электромагнитное поле проводника, по которому проходит переменный ток, то в объекте по закону электромагнитной индукции будут индуцироваться вихревые токи, вызывающие разогрев объекта. При этом проводник, по которому пропускается переменный электрический ток, называют индуктирующим проводом. Индуктирующему проводу конструктивно может быть придана любая форма в зависимости от типа нагреваемого объекта. Чаще всего это цилиндрическая спираль. Устройство, выполненное на основе индуктирующего провода, называется индуктором.

Следует особо подчеркнуть тот факт, что наибольшее использование электромагнитной энергии будет в том случае, если коэффициент

мощности индуктора будет равен единице. Этого можно добиться, если параллельно индуктору подключить компенсирующую батарею конденсаторов. Компенсирующая батарея конденсаторов и индуктор образуют нагрузочный колебательный контур, в котором реактивная энергия, запасенная в магнитном поле индуктора, передается конденсаторам, переходя в энергию электрического поля. В качестве источника питания нагрузочного колебательного контура используется высокочастотный генератор, например, транзисторный преобразователь частоты.

Высокочастотные индукционные нагреватели имеют выходной диапазон частот 10-40 или 30-100 кГц. Глубина проникновения индукционного поля в этом частотном диапазоне составляет 2-5 мм. При необходимости дальнейшего нагрева в глубину детали увеличивается время нагрева.

Современные транзисторные высокочастотные преобразователи индукционных установок, собранные на IGBT модулях имеют мощность от 5 кВт до 1000 кВт (1 МВт).

Процесс нагрева нефтепровода в полевых условиях может быть осуществлен с помощью всепогодной индукционной установки, представленной на рисунке 1 [2].

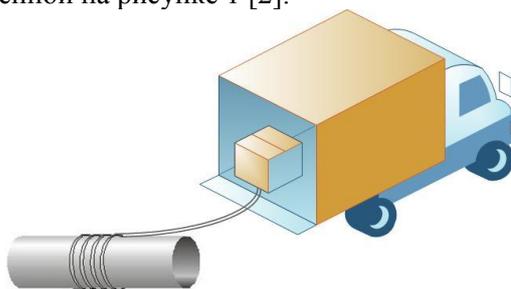


Рис. 1. Технологический процесс нагрева нефтепровода

Индуктирующий провод наматывается снаружи нефтепровода, образуя цилиндрический индуктор, зашунтированный компенсирующей батареей конденсаторов и подключается к высокочастотному генератору через закалочный (согласующий) трансформатор.

Согласующий трансформатор выполняет две важные функции, во-первых, оптимальное согласование параметров высокочастотного генератора с параметрами нагрузочного контура, а во-вторых, обеспечивает гальваническую развязку индуктора с генератором, повышая безопасность обслуживания. Управление режимом технологического процесса осуществляется с помощью контроллера.

На рисунке 2 показана принципиальная схема преобразователя частоты для индукционного нагрева нефтепровода [3].

На рисунке 3, 4 представлены результаты моделирования преобразователя частоты для индукционного нагрева нефтепровода. Как видно на рисунке получена частота 10 кГц.

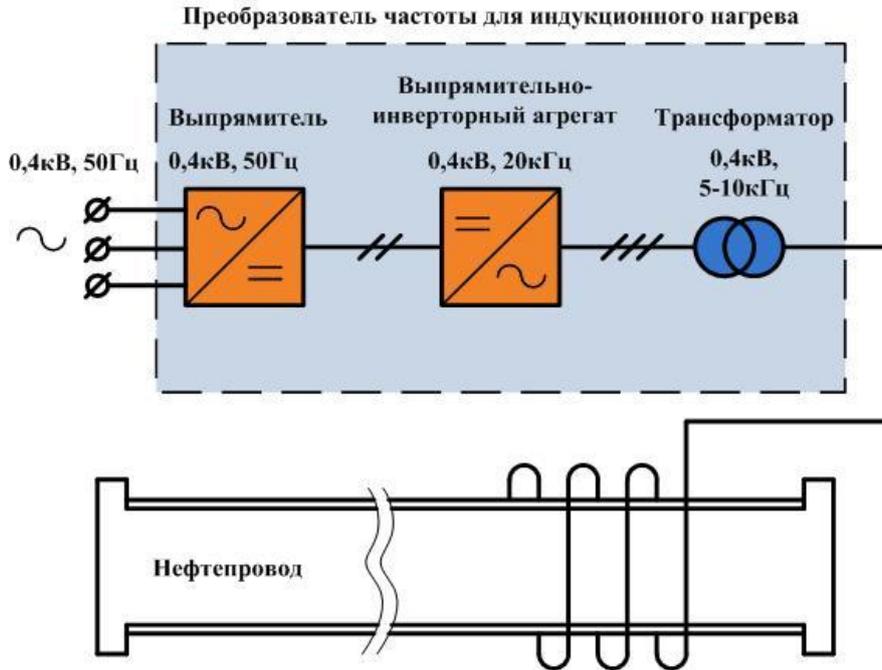


Рис. 2. Принципиальная схема преобразователя частоты для индукционного нагрева

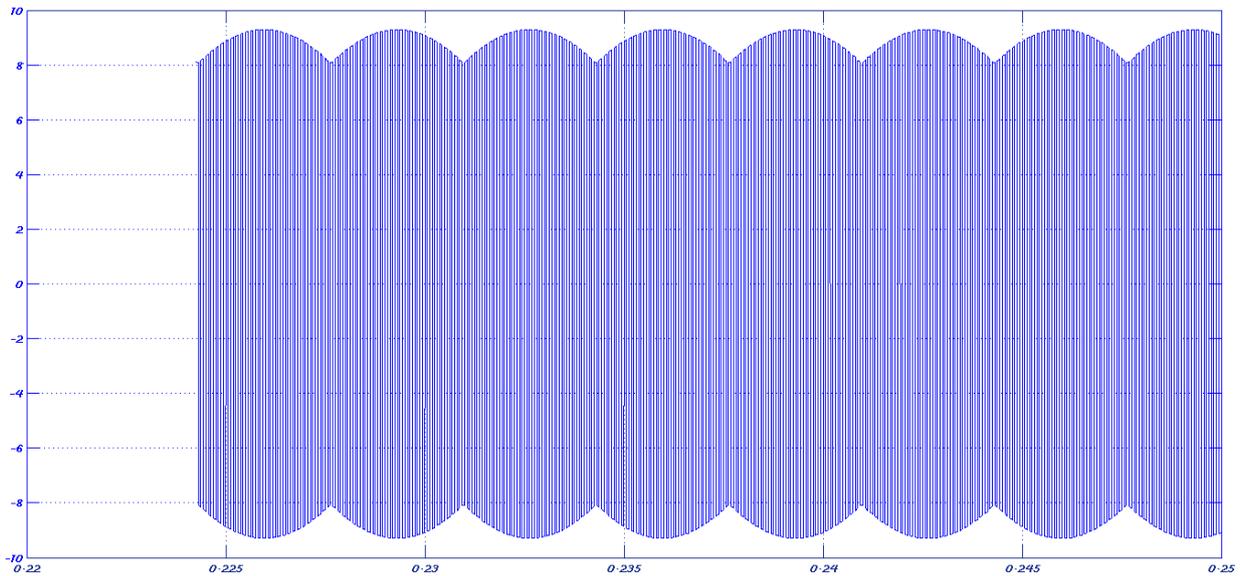


Рис. 3. Результаты моделирования в программном комплексе MatLab

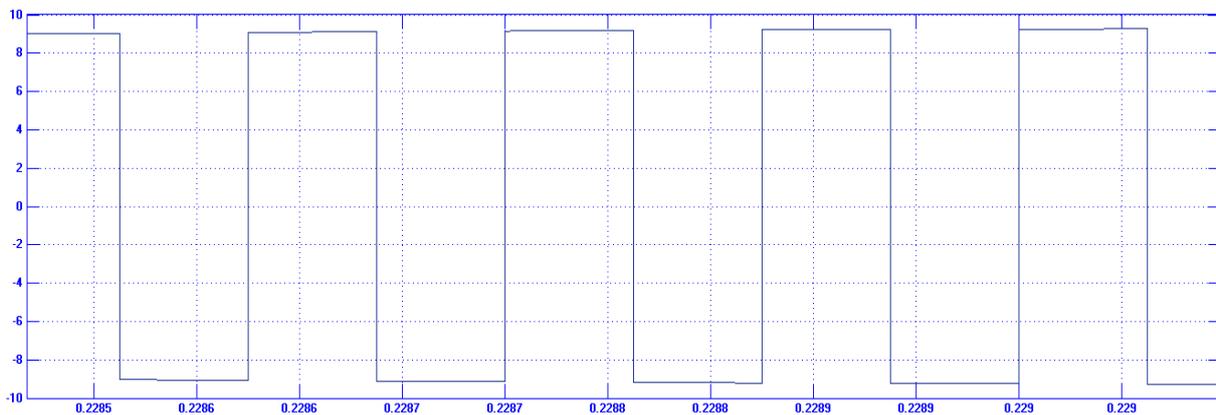


Рис. 4. Результаты моделирования в программном комплексе MatLab

**Выводы**

Создана установка для индукционного нагрева нефтепровода с использованием высоких частот, что в свою очередь осуществляет нагрев всей полости нефтепровода. Большинство

установок осуществляют нагрев только поверхности нефтепровода. Результаты данной работы применимы для практического использования в существующих НПЗ

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Технологические трубопроводы нефтебаз. Справочное издание. Тюменский индустриальный институт Ю.Д. Земенков, Н.А. Малюшин, Л.М. Маркова, А.Е. Лощинин Источник: <http://www.gosthelp.ru/text/Tehnologicheskietruboprov.html>
2. Индукционный нагрев трубопроводов в полевых условиях. Дата публикации: 19.06.2013 Источник: <http://www.elsit.ru>
3. Слухоцкий А.Е., Рыскин С.Е. Индукторы для индукционного нагрева. Л., Энергия, 1974, 264 с.

**REFERENCES**

1. Tekhnologicheskye truboprovody neftebaz. Spravochnoe yzdanye. Tiimenskiy yndustrialnyi ynstitut Yu.D. Zemenkov, N.A. Maliushyn, L.M. Markova, A.E. Loshchynyn Ystochnyk: <http://www.gosthelp.ru/text/Tehnologicheskietruboprov.html>
2. Ynduktsyonnyi nahrev truboprovodov v polevykh uslovyiakh. Data publykatsyy: 19.06.2013 Ystochnyk: <http://www.elsit.ru>
3. Slukhotskiy A.E., Ryksyn S.E. Ynduktory dlia ynduktsyonnoho nahreva. L., Enerhyia, 1974, 264 s.

Поступила в печать 05.12.2016.

Внутренний рецензент *Муха А.М.*

Внешний рецензент *Омарбеков А.К.*

Для транспортировки нефти по нефтепроводам, необходим индукционный нагрев, который предотвращает отложения на стенках труб и затвердевание. Подогрев нефти проводится на нефтяных промыслах, при транспортировке нефти дальним потребителям - НПЗ.

При низких температурах позволяет уменьшить вязкость транспортируемых веществ и обеспечить работоспособность этих трубопроводов. При эксплуатации трубопроводов возможно образование конденсата и его замерзание.

Индукционный нагрев характеризуется выделением тепла в проводящем нагреваемом объекте и бесконтактной передачей энергии, поэтому применение индукционного нагрева нефтепроводов во многих случаях оказывается предпочтительным.

Если нагреваемый объект из металла поместить в электромагнитное поле проводника, по которому проходит переменный ток, то в объекте по закону электромагнитной индукции будут индуцироваться вихревые токи, вызывающие разогрев объекта. При этом проводник, по которому пропускается переменный электрический ток, называют индуктирующим проводом. Индуктирующему проводу конструктивно может быть придана любая форма в зависимости от типа нагреваемого объекта. Чаще всего это цилиндрическая спираль. Устройство, выполненное на основе индуктирующего провода, называется индуктором.

Следует особо подчеркнуть тот факт, что наибольшее использование электромагнитной энергии будет в том случае, если коэффициент мощности индуктора будет равен единице. Этого можно добиться, если параллельно индуктору подключить компенсирующую батарею конденсаторов. Компенсирующая батарея конденсаторов и индуктор образуют нагрузочный колебательный контур, в котором реактивная энергия, запасенная в магнитном поле индуктора, передается конденсаторам, переходя в энергию электрического поля. В качестве источника питания нагрузочного колебательного контура используется высокочастотный генератор

**Ключевые слова:** индукционный нагрев; преобразователь частоты; транзисторы; электромагнитное поле, нефтеперерабатывающий завод, нефтепровод.

## УДК 621.396

Д.Г. ИНСЕПОВ (КНДУ)

Казахський Національний дослідницький університет імені К.І. Сатпаєва, Республіка Казахстан, м. Алмати, вул. Ашхабадська, 1, 050011 тел. +7 (708) 107.5577, ел. пошта: [d.insepov@gmail.com](mailto:d.insepov@gmail.com)

## ВИСОКОЧАСТОТНИЙ ІНДУКЦІЙНИЙ ПІДІГРІВ НАФТОПРОВОДУ

Для транспортування нафти нафтопроводом, необхідний індукційний нагрів, який запобігає відкладенню на стінках труб та його затвердіння. Підігрів нафти проводиться на нафтових промислах, при транспортуванні нафти віддаленим споживачам - НПЗ.

При низьких температурах це дозволяє зменшити в'язкість речовин, що транспортуються і забезпечити працездатність цих трубопроводів. При експлуатації трубопроводів можливе утворення конденсату і його замерзання.

Індукційний нагрів характеризується виділенням тепла в провідному об'єкті, що нагрівається і безконтактної передачею енергії, тому застосування індукційного нагріву нафтопроводів в багатьох випадках виявляється кращим.

Якщо нагрівається об'єкт з металу помістити в електромагнітне поле провідника, у якому проходить змінний струм, то в об'єкті за законом електромагнітної індукції виникають вихрові струми, що викликають розігрів об'єкта. При цьому провідник, по якому пропускається змінний електричний струм, називають індукуючим проводом. Індукуючий провід конструктивно може бути надана будь-яка форма в залежності від типу нагрівається об'єкта. Найчастіше, це циліндрична спіраль. Пристрій, виконаний на основі індукуючого проводу, називається індуктором.

Слід особливо підкреслити той факт, що найбільше використання електромагнітної енергії буде в тому випадку, якщо коефіцієнт потужності індуктора буде дорівнювати одиниці. Цього можна домогтися, якщо паралельно індуктора підключити компенсуючу батарею конденсаторів. Компенсуюча батарея конденсаторів і індуктор утворюють навантажувальний коливальний контур, у якому реактивна енергія, накопичена в магнітному полі індуктора, передається конденсаторів, переходячи в енергію електричного поля. Як джерело живлення навантажувального коливального контуру використовується височастотний генератор.

**Ключові слова:** індукційний підігрів; перетворювач частоти; транзистори; електромагнітне поле, нафтопереробний завод, нафтопровід.

Внутрішній рецензент *Муха А.М.*

Зовнішній рецензент *Омарбеков А.К.*

## UDC 621.396

D.G. INSEPOV (KNRU)

Kazakh National Research University named after KI Satpayev, Republic of Kazakhstan st. Ashgabat, 1, 050011 tel. +7(708)107.5577, e-mail: [d.insepov@gmail.com](mailto:d.insepov@gmail.com)

## HIGH FREQUENCY INDUCTION HEATED OF THE OF OIL PIPELINE

For the transportation of oil via oil pipelines, necessary induction heating, which prevents deposits on the walls of the pipes and hardening? Heating oil held in the oil fields, oil transportation distant consumers - refineries.

At low temperatures, to reduce viscosity and provide substances transported operability of these pipes. Formation of condensation and ice is possible in oil pipeline.

Induction heating is characterized by heat in the conductive object and heated contactless power transmission, so the use of induction heating of pipelines in many cases preferred.

If a metal object to be heated put in the electromagnetic field of the conductor through which passes the alternating current in the object according to the law of electromagnetic induction will induce eddy currents cause heating of the object. At the same time the conductor through which an alternating electrical current, called the inducing wire. Induces structurally wire may be shaped into any form depending on the type of object to be heated. Most often it is a cylindrical helix. The apparatus of wires based on inducing called inducer.

It should be emphasized that the use of most of the electromagnetic energy would be the case if the power factor of the inductor is equal to unity. This can be achieved if parallel inductor connected compensating capacitor bank. Compensating capacitor bank and the inductor form a load oscillating circuit, in which the reactive energy stored in the magnetic field of the inductor is transferred to the capacitors, moving into the energy of the electric field. The high-frequency generator is used as the power source of the load oscillating circuit

**Keywords:** induction heating; the inverter; transistors, electromagnetic field; oil refinery; oil pipeline.

Internal reviewer *Mukha A.M.*

External reviewer *Omarbekov A.K.*