

О.В.ХВОЩАН; В.В.ЛИТВИНОВ; Ю.И.КУРАШКО, канд.техн.наук;
ИИПТ НАН Украины, Николаев

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗАРЯДНЫХ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОРАЗРЯДНЫХ ПОГРУЖНЫХ КОМПЛЕКСОВ УВЕЛИЧЕННОЙ МОЩНОСТИ

Розглянуто можливості підвищення ефективності й переданої в навантаження (ємнісний накопичувач) потужності для поліпшення експлуатаційних параметрів електророзрядних занурювальних комплексів, особливістю яких є багатоступеневе перетворення електричних характеристик зарядного кола.

The possibility of increase of efficiency and power transferred in loading (capacity store) for the improvement of operating parameters of electro-bit submersible complexes, the feature of which is multi-stage transformation of electric characteristics of charge circuit is considered.

Введение. Одним из методов восстановления и повышения производительности артезианских и нефтяных скважин является электроразрядный метод, который за счет комплекса явлений, возникающих при выделении энергии в канале разряда с большой мощностью за короткий промежуток времени, позволяет осуществлять очистку призабойной зоны скважин. Имеющееся в настоящее время электроразрядное оборудование для очистки призабойных зон скважин [1] представляет собой достаточно сложное устройство, состоящее из наземной части (источника питания), погружной части (зарядного блока, импульсных конденсаторов и элементов разрядного контура) и соединяющего их кабеля, позволяющее осуществлять серию разрядных импульсов непосредственно в зоне обработки. Анализ работ показал, что существенное ограничение на мощность зарядного блока (ЗБ) использующихся в настоящее время установок накладывает геофизический кабель (допустимые $U_{вх} = 1000$ В, $I_{вх} = 5$ А), по которому передается питание (частота от 10^3 до $3 \cdot 10^3$ Гц) от наземной части к погружной. Режим заряда накопительной емкости $2,4 \cdot 10^{-6}$ Ф до напряжения $3 \cdot 10^4$ В за время 5 с определяет частоту следования разрядных импульсов 0,2 Гц. В наиболее тяжелых случаях (при использовании геофизического кабеля длиной $5 \cdot 10^3$ м с удельными емкостью 0,1 мкФ/км и сопротивлением жил 25 Ом/км) КПД зарядной цепи, использующей передачу по линии переменного напряжения, не превышает 20 % [2]. При этом электрические характеристики кабеля практически полностью определяют энергетические характеристики погружной части оборудования, что не позволяет повысить передаваемую в нагрузку мощность.

Таким образом, введение в зарядную цепь линии с распределенными параметрами поднимает проблему эффективной передачи энергии от наземного источника к емкостному накопителю и повышения полезной мощности, на-

прямо связанной с увеличением частоты циклов заряд-разряд накопителя и уменьшением времени обработки скважин.

Целью настоящей работы является разработка научно обоснованных рекомендаций по повышению эффективности и улучшению технико-эксплуатационных характеристик оборудования ГИТ, работающего с повышенным КПД.

Результаты исследований. Известно, что наилучшим способом снижения величины потерь в кабеле является питание ЗБ постоянным током. При этом мощность, передаваемая по кабелю, зависит только от величины активного сопротивления жил. Такое решение приводит к необходимости размещения преобразователя частоты (ПЧ) в погружной части зарядного устройства. Структурная схема ГИТ разрабатываемого погружного комплекса с многоступенчатым преобразованием напряжения, отображающая такой вариант, показана на рис. 1. Наземная часть представляет собой стабилизированный регулируемый источник постоянного напряжения и состоит из выпрямителя В1, инвертора напряжения ИН1, трансформатора Тр1 и выпрямителя В2. Выпрямленное напряжение поступает на соединительный кабель и передается далее в погружную часть установки, которая включает часть зарядного контура установки – зарядный блок (инвертор напряжения ИН2, высоковольтный трансформатор Тр2, высоковольтный выпрямитель В3), емкостный накопитель ЕН, разрядник Р и электродную систему ЭС. Электрическая схема зарядной цепи приведена на рис. 2.

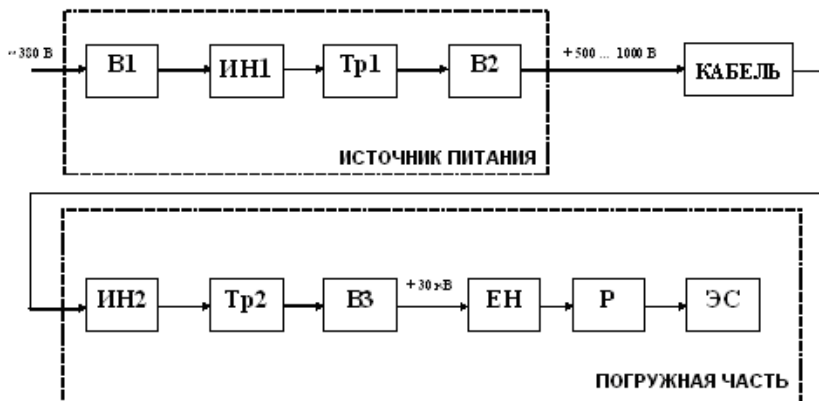


Рисунок 1 – Структурная схема погружного электроразрядного комплекса повышенной мощности

Частота преобразования ИН1 выбрана порядка $1,5 \cdot 10^4$ Гц, что обеспечивает малые массогабаритные показатели наземного оборудования. Особен-

ностью зарядной цепи является использование в качестве токоограничивающего элемента индуктивно-емкостного преобразователя (ИЕП), индуктивность L_1 которого представляет собой сумму индуктивностей рассеяния обмоток высоковольтного трансформатора TV2 и дополнительного дросселя, а емкость C_2 – паразитную емкость трансформатора. Учитывая опыт создания высоковольтных погружных установок типа «Скиф», работающих в условиях высоких температур, необходимость резкого увеличения полезной мощности установки и повышенную концентрацию тепловыделяющих элементов в ЗБ, предварительно была выбрана промежуточная частота преобразования ПЧ ИН2 $f = 5 \cdot 10^3$ Гц.

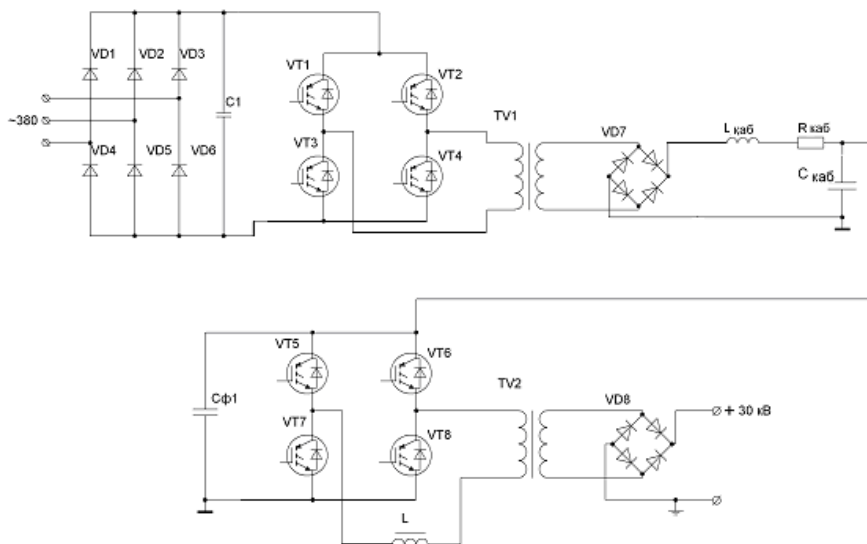


Рисунок 2 – Электрическая схема зарядной цепи погружного электроразрядного комплекса повышенной мощности

Исследование модели зарядной цепи, изображенной на рис. 2, проводилось при помощи пакета программ моделирования электрических цепей Orcad 9.2.

Анализ используемых в геофизических исследованиях грузонесущих кабелей с высокой рабочей температурой (свыше 373 К) показывает достаточно широкий диапазон изменения величины удельного сопротивления их жил (от 12 до 25 Ом/км) [3]. Для определения наибольшей мощности в наиболее тяжелом случае – при использовании кабеля строительной длины $l_{каб} = 5 \cdot 10^3$ м с удельным сопротивлением жилы $R_{жс} = 25$ Ом/км – была снята зависимость мощности зарядки накопительной емкости от величины волнового сопротив-

ления ИЕП $\rho_{ИЕП} = \sqrt{L1/C2}$ при соблюдении условия $f = \frac{1}{2\pi\sqrt{L1 \cdot C2}}$ и предельной величине напряжения $U_{ex} = 10^3$ В (рис. 3).

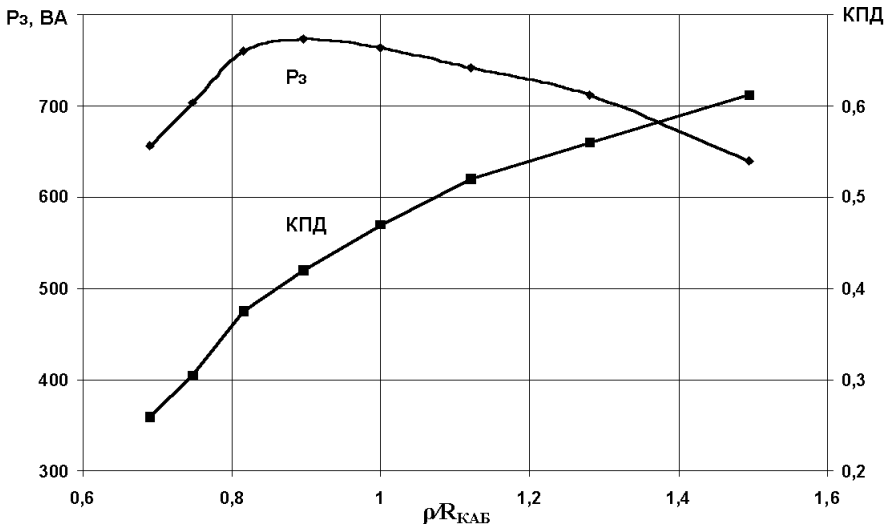


Рисунок 3 – Зависимость максимальной мощности и КПД ЗБ от волнового сопротивления ИЕП при $R_{каб} = 250$ Ом ($l_{каб} = 5 \cdot 10^3$ м, $R_{жс} = 25$ Ом/км)

При условии $\rho_{ИЕП} \approx R_{каб}$ и $U_{ex} = 10^3$ В в накопительную емкость передается наибольшая мощность (780 ВА), КПД зарядной цепи при этом 0,47, мощность наземного преобразователя частоты порядка $1,6 \cdot 10^3$ ВА.

Учитывая сложность настройки величины волнового сопротивления ИЕП при изменении характеристик соединительного кабеля, принимаем $\rho_{ИЕП} = 250$ Ом ($L1 = 7,9 \cdot 10^{-3}$ Гн, $C2 = 1,28 \cdot 10^{-7}$ Ф). Зависимость изменения максимальной мощности ЗБ от активного электрического сопротивления геофизического кабеля приведена на рис. 4. Как видно из рисунка, при величине активного сопротивления кабеля ~ 150 Ом достигается значение зарядной мощности накопителя порядка 10^3 ВА (зарядка накопительной емкости $2,4 \cdot 10^{-6}$ Ф до напряжения $3 \cdot 10^4$ В за время 1 с) при значении КПД зарядного процесса более 60 %, что позволяет сделать вывод о приемлемости полученного результата технологическому регламенту обработки скважин (уменьшение времени обработки в 5 раз сравнительно с предыдущим поколением оборудования). Полученные характеристики в этом случае позволяют говорить о необходимости снижения активного сопротивления кабеля, например, путем применения кабеля с более низким значением удельного сопротивления токопроводящих жил.

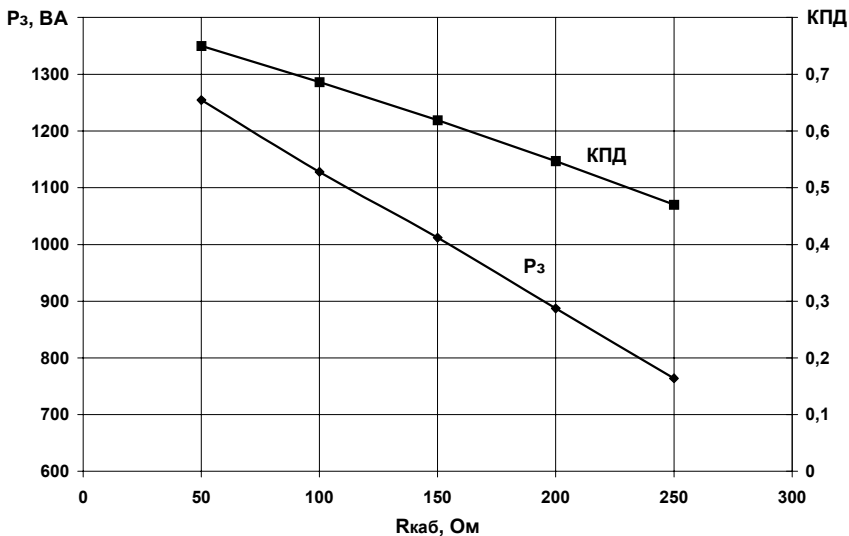


Рисунок 4 – Зависимости максимальной мощности и КПД ЗБ от активного электрического сопротивления геофизического кабеля при $\rho_{\text{ИСП}} = 250 \text{ Ом}$

Регулирование выходной мощности ЗБ на уровне 10^3 ВА при сопротивлении кабельной линии, меньшем 150 Ом , достигается уменьшением напряжения $U_{\text{вх}}$, подаваемого на кабель. Диапазон регулирования (соответствующая регулировочная характеристика) представлен на рис. 5.

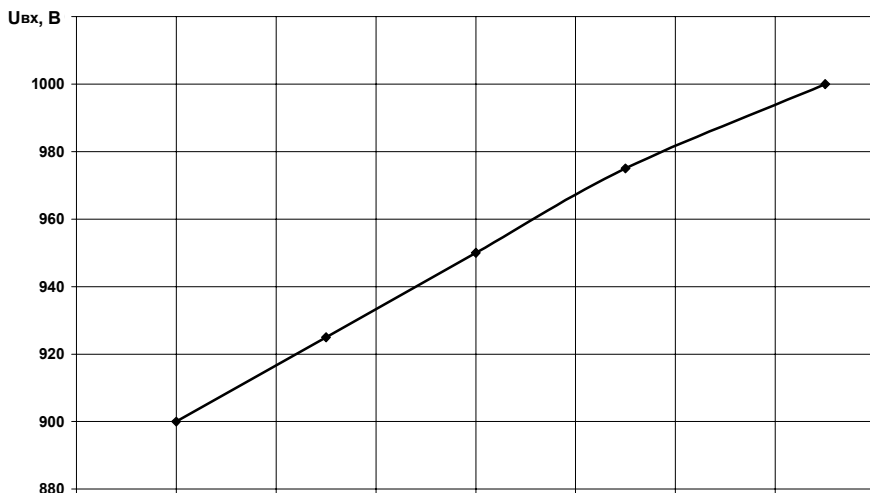


Рисунок 5 – Регулировочная характеристика ($P_3 = 10^3 \text{ ВА}$)

В ряде случаев (при значительной глубине залегания продуктивного пласта или обработке скважин с аномально высокими температурами) работа зарядного блока с высокой ($\sim 10^3$ ВА) выходной мощностью может привести к перегреву и выходу из строя элементной базы. Для уменьшения температур перегрева элементов следует снижать выходную мощность путем регулирования напряжений, подаваемого на кабель. На рис. 6 приведены зависимости изменения выходной мощности зарядного блока от напряжения при использовании соединительного кабеля длиной $5 \cdot 10^3$ м для двух вариантов: удельного сопротивления жил 12 и 25 Ом/км (геофизические кабели КГЗ-110-180 и КГЗ-60-90 соответственно).

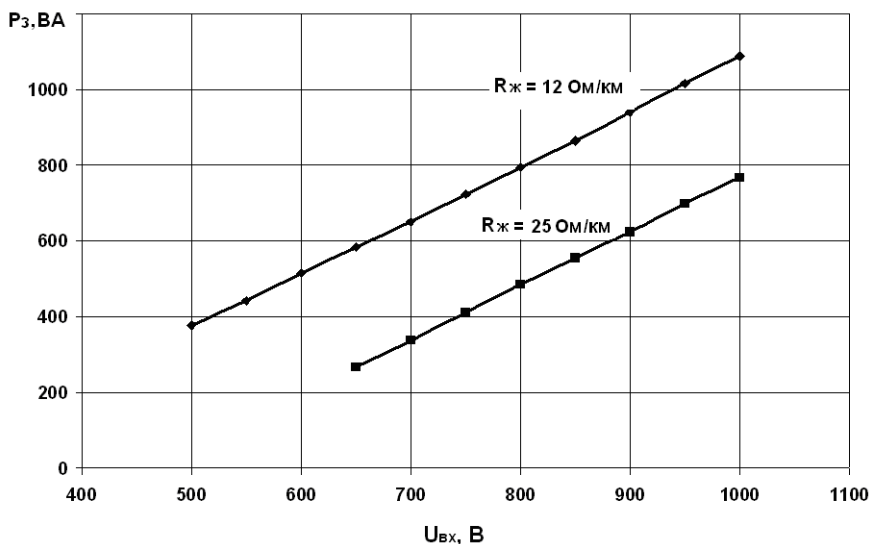


Рисунок 6 – Зависимость мощности зарядки накопительной емкости от напряжения на входе кабеля ($l_{каб} = 5 \cdot 10^3$ м)

На основании проведенных исследований можно сделать следующие **выводы**:

1. Произведен анализ структурных схем зарядной цепи электроразрядных погружных комплексов, на основании которого разработана принципиальная электрическая схема зарядного контура ГИТ с многоступенчатым преобразованием энергии [DC/AC/DC-кабель-AC/DC], позволяющая осуществить передачу энергии по соединительному кабелю на постоянном напряжении, за счет чего повысить до 2,5 раз КПД и до 5 раз величину зарядной мощности в сравнении с использующимися в настоящее время аналогами.

2. Установлено, что номинальный режим работы погружного комплекса с полезной мощностью 10^3 ВА (зарядка емкостного накопителя $2,4 \cdot 10^{-6}$ Ф до

напряжения $3 \cdot 10^4$ В за время 1 с) возможно получить при значении сопротивления жил соединительного кабеля до 150 Ом (например, используя геофизический кабель КГЗ-110-180 длиной $5 \cdot 10^3$ м с сопротивлением жилы 12 Ом/км).

Полученные результаты имеют большое значение при построении систем электропитания не только погружных комплексов интенсификации добычи воды и нефти, но и устройств, используемых в геологической и геофизической практике.

Список литературы: 1. *I.S.Shvets, Yu.I.Kurashko, N.N.Klimanskiy, O.V.Khvoshchan, L.I. Onishchenko* Electrohydroimpulse Equipment for Increase of the Output of Oil and Intake Wells // 13th International Symposium on High Current Electronics: Proceedings. Tomsk: Publishing house of the IAO SB RAS, 2004. – PP. 409-411. 2. *Ю.И.Курашко, О.В.Хвоцан, И.С.Швец* Повышение эффективности преобразования энергии в зарядной цепи электроразрядных установок, предназначенных для увеличения притока нефти в скважины // Вісник НТУ «ХП». Тематичний випуск: «Електроенергетика і перетворююча техніка». – Харків: НТУ «ХП». – 2004. – № 35, т.1. – С. 123-130. 3. Геофизические методы исследования скважин. Справочник / Под ред. В.М.Запорожца. – М.: Недра, 1983. – 591 с.

Поступила в редакцию 21.11.2006

УДК 681.51: 537.528

С.С.КОЗЫРЕВ, Институт импульсных процессов и технологий
НАН Украины; Национальный университет кораблестроения, Николаев

АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОИМПУЛЬСНОЙ УСТАНОВКОЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА

Проведено дослідження електроімпульсної установки як об'єкта керування, розроблено адаптивну систему керування на основі використання апарату нечіткої логіки, що забезпечує необхідні режими роботи при змінних технологічних параметрах та зовнішніх впливах.

The research of electropulse installation as an object of control was done. The adaptive system of control was developed based on fuzzy logic. The proposed solution provides required operating mode under dynamic external conditions and technological parameters.

Введение. Электроимпульсные установки (ЭИУ) широко применяются в разрядноимпульсных технологиях для электроимпульсной очистки отливок, снятия остаточных напряжений, разрушения негабаритов, штамповки, интенсификации процессов кристаллизации и др. Источником воздействия в них является импульс давления, генерируемый каналом высоковольтного элек-