

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM							شماره صفحه : 1 از 26	
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال		نسخه
	BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008	D04	

طرح نگهداشت و افزایش تولید 27 مخزن

CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM

نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک

D04	Dec.2024	IFA	M.Fahimi	M.Fakharian	S.Faramarzpour	
D03	Oct.2024	IFA	H.Shakiba	M.Fakharian	M.Sadegian	
D02	Sep.2023	IFA	H.Shakiba	M.Fakharian	A.M.Mohseni	
D01	Jan.2023	IFA	H.Shakiba	M.Fakharian	M.Mehrshad	
D00	Apr.2022	IFC	H.Shakiba	M.Aki	M.Mehrshad	
Rev.	Date	Purpose of Issue/Status	Prepared by:	Checked by:	Approved by:	Client Approval

Class: 2

Client Doc. Number: F0Z-709014

Status:

IDC: Inter-Discipline Check
 IFC: Issued For Comment
 IFA: Issued For Approval
 AFD: Approved For Design
 AFC: Approved For Construction
 AFP: Approved For Purchase
 AFQ: Approved For Quotation
 IFI: Issued For Information
 AB-R: As-Built for Client Review
 AB-A: As-Built –Approved

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM</th></tr><tr><th>نسخه</th><th>سریال</th><th>نوع مدرک</th><th>رشته</th><th>تسهیلات</th><th>صادر کننده</th><th>بسته کاری</th><th>پروژه</th></tr><tr><td>D04</td><td>0008</td><td>CN</td><td>EL</td><td>120</td><td>PEDCO</td><td>GCS</td><td>BK</td></tr></table>	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM								نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادر کننده	بسته کاری	پروژه	D04	0008	CN	EL	120	PEDCO	GCS	BK	شماره صفحه : 2 از 26
CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM																										
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادر کننده	بسته کاری	پروژه																			
D04	0008	CN	EL	120	PEDCO	GCS	BK																			

REVISION RECORD SHEET

PAGE	D00	D01	D02	D03	D04
1	X	X	X	X	
2	X	X	X	X	
3	X				
4	X				
5	X				
6	X				
7	X				
8	X				
9	X	X			
10	X				
11	X	X			
12	X	X			
13	X	X	X		
14	X	X	X		
15	X	X	X		
16	X	X	X		
17	X	X	X		
18	X	X	X	X	
19					X
20					X
21					X
22			X		
23			X		
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					
37					
38					
39					
40					
41					
42					
43					
44					
45					
46					
47					
48					
49					
50					

PAGE	D00	D01	D02	D03	D04
51					
52					
53					
54					
55					
56					
57					
58					
59					
60					
61					
62					
63					
64					
65					
66					
67					
68					
69					
70					
71					
72					
73					
74					
75					
76					
77					
78					
79					
80					
81					
82					
83					
84					
85					
86					
87					
88					
89					
90					
91					
92					
93					
94					
95					
96					
97					
98					
99					
100					

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM							شماره صفحه : 3 از 26	
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال		نسخه
	BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008		D04

CONTENTS

1.0	INTRODUCTION	4
2.0	SCOPE	5
3.0	NORMATIVE REFERENCES.....	5
3.1	LOCAL CODES AND STANDARDS.....	5
3.2	INTERNATIONAL CODES AND STANDARDS	5
3.3	THE PROJECT DOCUMENTS.....	6
3.4	ENVIRONMENTAL DATA	6
3.5	ORDER OF PRECEDENCE	6
4.0	ABBREVIATIONS	7
5.0	CATHODIC PROTECTION	7
5.1	DEFINITION	7
5.2	DESIGN LIFE	8
5.3	CURRENT DENSITIES.....	8
5.4	CP POTENTIAL RANGES	8
5.5	GROUND BED	9
5.6	STRUCTURE DATA.....	9
6.0	CALCULATION FOR PIPELINE.....	9
6.1	SURFACE CALCULATION	9
6.2	CURRENT CALCULATION.....	9
6.3	CURRENT REQUIRED	10
6.4	REQUIRED ANODE CALCULATION.....	10
6.5	GROUND BED DESIGN AND RESISTANCE.....	11
6.5.1	The First Ground Bed Design.....	11
6.5.2	The Second Ground Bed Design	11
6.6	TRANSFORMER RECTIFIER CALCULATION	13
6.7	ATTENUATION CHECK.....	13
6.8	TEMPORARY CATHODIC PROTECTION CALCULATION	18
6.9	OTHER CONSIDERATIONS AND SUMMERY	21
7.0	APPENDIX.....	21
8.0	SOIL RESISTIVITY AVERAGE IN 3M DEPTH.....	25

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM							شماره صفحه : 4 از 26	
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال		نسخه
	BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008	D04	

1.0 INTRODUCTION

Binak oilfield in Bushehr province is a part of the southern oilfields of Iran, is located 20 km northwest of Genaveh city.

With the aim of increasing production of oil from Binak oilfield, an EPC/EPD Project has been defined by NIOC/NISOC and awarded to Petro Iran Development Company (PEDCO). Also PEDCO (as General Contractor) has assigned the EPC-packages of the Project to "Hirgan Energy - Design and Inspection" JV.

As a part of the Project, New Gas/Condensate Pipelines (from Binak New GCS to Siahmakan GIS/Binak PU) shall be constructed.

GENERAL DEFINITION

The following terms shall be used in this document.

CLIENT:	National Iranian South Oilfields Company (NISOC)
PROJECT:	Binak Oilfield Development – Surface Facilities; Gas & Gas-Condensate Pipelines
EPD/EPC CONTRACTOR (GC):	Petro Iran Development Company (PEDCO)
EPC CONTRACTOR:	Joint Venture of : Hirgan Energy – Design & Inspection(D&I) Companies
VENDOR:	The firm or person who will fabricate the equipment or material.
EXECUTOR:	Executor is the party which carries out all or part of construction and/or commissioning for the project.
THIRD PARTY INSPECTOR (TPI):	The firm appointed by EPD/EPC CONTRACTOR (GC) and approved by COMPANY (in writing) for the inspection of goods.
SHALL:	Is used where a provision is mandatory.
SHOULD:	Is used where a provision is advisory only.
WILL:	Is normally used in connection with the action by COMPANY rather than by an EPC/EPD CONTRACTOR, supplier or VENDOR.
MAY:	Is used where a provision is completely discretionary.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM							شماره صفحه : 5 از 26	
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال		نسخه
	BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008		D04

2.0 SCOPE

This document covers minimum required calculations for the design, selection, manufacture, and delivery of cathodic protection system of UG pipeline section from Gas Compressor station to Gas injection facility.

It shall be used in conjunction with data/requisition sheets for present document subject.

3.0 NORMATIVE REFERENCES

3.1 LOCAL CODES AND STANDARDS

- IPS-E-TP-820 Engineering Standard for Electrochemical Protection
- IPS-C-TP-820 Construction Standard for Cathodic Protection
- IPS-I-TP-820: Inspection Standard for Monitoring Cathodic Protection
- IPS-M-TP-750 Material and Equipment Standard For Cathodic Protection

3.2 INTERNATIONAL CODES AND STANDARDS

- ASTM American Society for Testing Materials Relevant Parts
- API 610 Centrifugal Pumps for General Refinery Service, 10th Edition
- NACE SP 0169 Control of External Corrosion on Underground or Submerged Metallic Piping System.
- NACE-SP 0286 the Electrical Isolation of Cathodically Protected Pipelines.
- BS 7361(1991) Cathodic Protection Part 1. Code of Practice for Land and Marine Applications.
- NACE SP 0177 Mitigation of Alternating Current and Lightning Effects on Metallic Structures and Corrosion Control Systems.
- ISO 15589,1-2 Cathodic protection of pipeline transportation systems
- NACE SP 0502 External corrosion direct assessment (ECDA) process — assessing and reducing the impact of external corrosion on pipeline integrity.
- NACE SP 0207 Performing Close-Interval Potential Surveys and DC Surface Potential Gradient Surveys on Buried or Submerged Metallic Pipelines.
- NACE-SP0104 The Use of Coupons for Cathodic Protection Monitoring Applications

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک																	
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM <table><tr><td>پروژه</td><td>بسته کاری</td><td>صادرکننده</td><td>تسهیلات</td><td>رشته</td><td>نوع مدرک</td><td>سریال</td><td>نسخه</td></tr><tr><td>BK</td><td>GCS</td><td>PEDCO</td><td>120</td><td>EL</td><td>CN</td><td>0008</td><td>D04</td></tr></table>	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008	D04	شماره صفحه : 6 از 26
پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه											
BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008	D04											

3.3 THE PROJECT DOCUMENTS

- BK-GCS-PEDCO-120-EL-CN-0008 Specification for Cathodic Protection System
- BK-GNRAL-PEDCO-HD-000-EL-DC-0001 Electrical System Design Criteria
- BK-GCS-PEDCO-320-GT-RT-0001 Geotechnical Report

3.4 ENVIRONMENTAL DATA

Refer to "Process Basis of Design; Doc. No. BK-GNRAL-PEDCO-000-PR-DB-0001".

Cathodic Protection System shall be designed for use under the conditions specified as below:

Ambient temperatures for equipment:

Maximum design temperature indoor/outdoor (under sun shade) +50°C

Minimum design temperature -5°C

Maximum surface temperature exposed to the sun 85°C

Maximum relative humidity 100%

Altitude <1000m above sea Level

Special Atmospheric Condition dust and salt corrosive

For the ambient conditions special care will be paid to:

- Enclosures of equipment for outdoor installation
- Painting and coating of metal parts to resist to the severe environmental conditions
- Any environmental derating factors shall be considered by vendor before design

3.5 ORDER OF PRECEDENCE

In case of conflict between requirements specified herein & the requirements of any other referenced document, the most approved stringent requirements of below listed items shall be considered based on the approval given by the owner's representative:

Purchase order

Material Requisition

MTO & Data Sheet

This Specification

Drawing & Other Specification

Reference Project Specification

Iranian Petroleum Standard (IPS)

Reference international Code & Standards

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک							
شماره پیمان: 053 – 073 – 9184	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM							شماره صفحه : 7 از 26
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008	D04

When the term “Authorized”, Authorization”, “Approval”, or “Approved” are used in this specification, it shall mean authorization or Approval from OWNER.

In case of any conflict between the project documents, the most stringent one shall be considered.

4.0 ABBREVIATIONS

CP-Cathodic protection

ICCP-Impressed current cathodic protection

Ti-MMO- Titanium substrate with Mixed Metal Oxide Anode

HSCI High Silicon Cast Iron Anode

T/R-Transformer rectifier

AST –Above ground Storage Tank

AC –Alternative Current

DC-Direct Current

U/G or UG- Under Ground

A/G or AG -Above Ground

PE- Polyethylene

PP- Polypropylene

SRB- Sulphate reduction bacteria

CB- Coating Breakdown

CE- Coating Efficiency

PCM- Pipe Current Mapper

5.0 CATHODIC PROTECTION

5.1 DEFINITION

Cathodic Protection (CP) is an electrochemical method used to prevent or control corrosion of buried or submerged metallic structures. CP systems are active systems that rely on the application of electric current to control corrosion. If current is interrupted, corrosion will progress at a normal rate for the material/environment combination; if supplied current is inadequate for complete protection, corrosion will progress at a reduced rate. After a CP system is installed and adjusted to provide adequate protection, currents and potentials should remain relatively stable; changes in currents or potentials indicate a problem.

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM							شماره صفحه : 8 از 26	
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال		نسخه
	BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008	D04	

The essential features of cathodic protection to metals that are surrounded by a conducting electrolyte, in each of the two types of system are as follows:

a) A galvanic system requires:

- i) Sacrificial anodes
- ii) Connecting the anode to the structure (Through Junction Box)
- iii) Secure and minimum resistance connections between conductor and structure, and between conductor and anode.

b) An impressed-current system requires:

- i) Inert anodes (clusters of which, connected together often in a backfill, are called the “ground bed”).
- ii) A dc power source (called the “Transformer rectifier”).
- iii) Electrically well insulated, minimum resistance and secure conductors between anodes and power source.
- iv) Secure and minimum resistance connections between power source and structure.

5.2 DESIGN LIFE

The design life for the permanent cathodic protection systems for these Pipelines is 25 years.

5.3 CURRENT DENSITIES

Current density for cathodic protection system of pipeline which is as per Table No. 1.

Table 1: Current Density

Structure	Current Density for Steel (mA/m ²)
Un coated Steel in Dry Soil/Sand @ 30° C	20
Coated pipeline: Fusion bonded epoxy@ 30° C	1.25

5.4 CP POTENTIAL RANGES

The effectiveness of the CP system is determined by the potential shift. The instant-off potentials or IR free applied in the design is given as below as per part 6.2.2.1 of NACE SP-0169 or Part 7.1 IPS-E-TP-820:

A target IR free potential value for protection shall be according to one of bellow:

A negative polarized (Instant-off) potential of at least -850 mV (or more negative) relative to a saturated copper/copper sulfate reference electrode. (And -950 mV/in the presences of SRB)

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک							
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM							شماره صفحه : 9 از 26
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008	D04

Attaining the IR drop free results, all measurements shall be carried out in accordance with NACE TM-0497.

5.5 GROUND BED

Remote Shallow or deep Ground beds is most suitable for Pipelines in such environments.

5.6 STRUCTURE DATA

Refer to "Process Basis of Design; Doc. No. BK-GNRAL-PEDCO-000-PR-DB-0001" Required data of Structure for cathodic protection design are shown in Table 2.

Table 2: Briefly Pipeline Data

Item	Pipe size NPS	Operating Temperature (max)	Quantity
	Inch/m	°C	M
Pipeline	8" (0.203) thickness 11 mm	60 (88.41 F)	43897

Other required data are based ON BK-PPL-PEDCO-320-SU-DW-0001- plan profile drawing.

6.0 CALCULATION FOR PIPELINE

6.1 SURFACE CALCULATION

Below formula is used for calculating the effective surface of pipelines.

$$S = \pi DL$$

Where:

S= Total surface (m²)

D= Pipeline Diameter (m)

L= Pipeline Length (m)

Outer diameter of pipeline is considered for calculating the total surface area.

$$S = \pi * (8 * 0.0254 + 0.011) * 43897 = 29525 \text{ sqm}$$

6.2 CURRENT CALCULATION

Taking the relevant standards such as IPS-E-TP-820 and ISO 15589-1, current density can be calculated based on operation temperature as below formula:

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM							شماره صفحه : 10 از 26	
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال		نسخه
	BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008	D04	

$$J_{CD} = J_{30} + \frac{J_{30} \times 0.25(T - 30)}{10}$$

Where:

JCD= Current Density at Maximum Operating Temperature (mA/m2)

J30= Current Density at 30°C (mA/m2)

T= Maximum Operating Temperature (60°C)

Structure	Current Density for Steel (mA/m2)
Un coated Steel in Dry Soil/Sand @ 60° C	35
Coated pipeline: Fusion bonded epoxy@ 60° C	2.18

6.3 CURRENT REQUIRED

Current requirement for protection of Pipeline surface as below formula:

$$I_{CR} = (S \times J_{1CD} \times CB) + (S \times J_{2CD} \times CE)$$

Where:

I_{CR}= Current Requirement (A)

S= Total Surface (m2)

CB= Coating Breakdown (%) = 7.5% based on ISO 15589-1 section 8.4.2 and Table 2

CE= Coating Efficiency (1-CB) (%) = 92.5 %

J_{1CD}= Uncoated Current Density at maximum operating temperature (mA/m2)= 35 mA/m2

J_{2CD}= Coated Current Density at maximum operating temperature (mA/m2)= 2.18 mA/m2

Required current for each cathodic protection station are calculated:

The total current required is about 138 A.

Since there is possibility of current leakage to other metallic subjects, 25 % safety factor will be considered for calculating Current demand of CP system.

The total current demand is about 172 A.

6.4 REQUIRED ANODE CALCULATION

Selected anode is MMO Tubular anodes. These anodes are Suitable for long life applications. These anodes can produce 4 A output when backfilled by coke breeze depending on soil resistivity;

According to Part C.1.2.2.2 of IPS-E-TP-820, we have:

	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM							شماره صفحه : 11 از 26	
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال		نسخه
	BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008		D04

$$N = \frac{I_r \text{ (Total Current required, A)}}{I_a \text{ (Current output of anode, 4 A)}} = 43$$

Considering 2 separate Anode ground beds, Minimum anodes based on current output can be calculated as 22 No.

6.5 GROUND BED DESIGN AND RESISTANCE

6.5.1 THE FIRST GROUND BED DESIGN

According to mentioned parameters for anode current output and soil characteristics, designed ground bed is selected with 22 anodes, with total length of G.B will be 99 m (4.5 m anode spacing (15 ft).

Anodes will be backfilled in coke at factory, Ground-bed resistance will be calculated from below formula; Where:

ρ = Soil Resistivity (12.3 ohm. m)- BASED ON BK-PPL-PEDCO-320-GT-RT-0001_D01

L = length of ground bed (22*4.5 m =99 m)

S = Twice depth of anode in meters (6 m)

d = Diameter of anode in meters (0.5 m diameter of backfill)

Modified Dwight's Equation for Multiple Anodes Installed Horizontally

$$R_H = \frac{0.00159\rho}{L} \left(\ln \frac{4L^2 + 4L\sqrt{S^2 + L^2}}{dS} + \frac{S}{L} - \frac{\sqrt{S^2 + L^2}}{L} - 1 \right)$$

R_H = Resistance, in ohms, of horizontal anode to earth

ρ = Resistivity, in ohm-cm, of backfill material (or earth)

L = Length of anode in meters

S = Twice depth of anode in meters

d = Diameter of anode in meters

ρ =	1,230 ohm-cm
L =	99.00 m
S =	6.0 m
d =	0.500 m
R_H =	0.16 ohms

6.5.2 THE SECOND GROUND BED DESIGN

ρ = Soil Resistivity (15.3 ohm. m) BASED ON BK-PPL-PEDCO-320-GT-RT-0001_D01

L = length of ground bed (22*4.5 m =99 m)

S = Twice depth of anode in meters (6 m)

d = Diameter of anode in meters (0.5 m diameter of backfill)

	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM</th></tr><tr><th>پروژه</th><th>بسته کاری</th><th>صادرکننده</th><th>تسهیلات</th><th>رشته</th><th>نوع مدرک</th><th>سریال</th><th>نسخه</th></tr><tr><td>BK</td><td>GCS</td><td>PEDCO</td><td>120</td><td>EL</td><td>CN</td><td>0008</td><td>D04</td></tr></table>	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM								پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008	D04	شماره صفحه : 12 از 26
CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM																										
پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه																			
BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008	D04																			

Modified Dwight's Equation for Multiple Anodes Installed Horizontally

$$R_H = \frac{0.00159 \rho}{L} \left(\ln \frac{4L^2 + 4L \sqrt{S^2 + L^2}}{dS} + \frac{S}{L} - \frac{\sqrt{S^2 + L^2}}{L} - 1 \right)$$

R_H = Resistance, in ohms, of horizontal anode to earth
 ρ = Resistivity, in ohm-cm, of backfill material (or earth)
 L = Length of anode in meters
 S = Twice depth of anode in meters
 d = Diameter of anode in meters

ρ =	1,530 ohm-cm
L =	99.00 m
S =	6.0 m
d =	0.500 m
R_H =	0.20 ohms

Resistance of cable is calculated by the following formula

$$R_c = \frac{\rho \times L}{A}$$

Where:

R_c = Cable resistance (Ω)

ρ = Conductor resistivity ($\Omega\text{mm}^2/\text{m}$)

L = Cable length (m) various as per anode ground bed length

A = Cable diameter (mm^2)

Length of negative cable from Transformer rectifier to pipeline is about 100 m for all cathodic protection station. In addition, length of positive cable from transformer rectifier to anode ground bed is considered 20 m for every station. Therefore, total cable resistance with considering cable size 35 mm^2 , with 120 Mt distance of pipe to anode ground.

$$R_{\text{cable}} = 0.06 \text{ Ohm}$$

Coating leakage resistance is calculated by the following formula (Ref: B.1.1.3.2 of IPS-E-TP-820)

$$R_L = \frac{1}{gAL} = 0.013$$

Where:

AL = Surface Area of Pipe (29525 sqm)

g = coating conductivity (mhos per m^2)

For calculation of coating resistance, the resistance of pipe FBE coating is considered $1/g=400$ ohm.m² according to B.1.1.3.2 of IPS-E-TP-820 (1).

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک								
شماره پیمان: 053 – 073 – 9184	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM							شماره صفحه : 13 از 26	
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال		نسخه
	BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008	D04	

Total resistance will be as per below table:

Table 3 total resistance of CP system

Soil Resistivity	Selected Anode Qty	Active G.B length	G.B Resis.	Cable Resis.	Coating Resis.	Total Resistance
ohm.cm	No.	m	Ohm	Ohm	Ohm	Ohm
1230	22	99	0.16	0.06	0.013	0.233
1530	22	99	0.20	0.06	0.013	0.273

6.6 TRANSFORMER RECTIFIER CALCULATION

Rectifier sizing is based on current output from each ground bed and total system resistance and also back voltage that usually considered as 2 volts. So:

Transformer voltage is calculated using the below formula:

$$V_{TR} = (I_{CD} \times R) + 2$$

Where:

V_{TR} = Transformer Rectifier Output DC Voltage (V)

I_{CD} = Current Demand (172/2=86A)

R_T = Total Resistance (Ω)

For the first ground bed:

$$V_{TR} = (0.233 \times 86) + 2 = 22.03$$

And second ground bed:

$$V_{TR} = (0.273 \times 86) + 2 = 25.47$$

So for more contingency we will consider a TRs 50V-100A for each ground bed.

6.7 ATTENUATION CHECK

The attenuation check, shows that positioning one single station for this pipeline is sufficient.

For calculation of the length of pipeline which each station can protect the following formula is used:

The linear resistance of pipe will be:

$$r = \frac{\rho [\Omega.cm] \times L[cm]}{\frac{\pi}{4} (OD^2 - ID^2) [cm^2]} \quad \rho: 18 \times 10^{-6} \text{ Acc to IPS Appendix B}$$

The unit leakage conductance in 1000 ohm-cm soil is:

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM							شماره صفحه : 14 از 26	
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال		نسخه
	BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008	D04	

$$g_{1000} = \pi D L g'$$

If the average soil resistivity is ρ' , then leakage conductance is: (will be proportionally less)

$$g_{\rho 2} = \frac{g_{1000} [S] \times 1000 [\Omega.cm]}{\rho' [\Omega.cm]}$$

In ρ' soil the attenuation propagation constan will be:

$$\alpha = \sqrt{r g}$$

The characteristic resistance of the pipeline is:

$$R_G = \sqrt{\frac{r}{g}}$$

The resistance between the pipe and remote earth looking into the source is:

$$R_s = R_G \coth(\alpha X)$$

The Voltage shift at the receiving end is:

$$E = E_s \cosh \alpha X - I_s R_G \sinh \alpha X$$

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM							شماره صفحه : 15 از 26	
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال		نسخه
	BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008	D04	

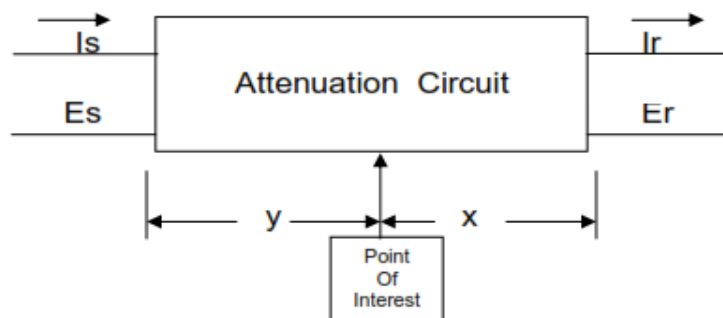
Attenuation Calculation Base on NACE CP4 Equations

Input Data in Blue Cells only			
L	Length of Pipe	43897	m
D	Nominal Pipe Diameter	8	Inch
	Coating Quality : 1-Excellent , 2- Good, 3-Fair, 4- Poor	1	
E _s	Sending End Potential	1.1	V
E _N	Natural Potential	0.45	V
	distance from the source	100	m
ρ	Soil Resistance	5414	Ohm-Cm

Output Data in Green Cells only			
OD	Pipe Outside Diameter	21.91	Cm
t	Pipe Wall Thickness	1.27	Cm
ID	Pipe Inside Diameter	19.37	Cm
r	Unit Linear Resistance	0.9596	Ohm/Unit
g ₁₀₀₀	Unit Conductance to earth	3.0211	S/Unit
g _p	Unit Conductance to earth attention to soil resistance (2:46 CP4)	0.5580	S/Unit
α	Attenuation Constant	0.7318	
R _G	Characteristic Resistance	1.3114	Ohm
R _s	Resistance looking into open line	1.34	Ohm
I _s	Sending End Current	0.818	Amp
E		0.55	V

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک							 شماره صفحه : 16 از 26
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM							
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه
	BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008	D04

DC Attenuation Formulas



- $\alpha = \sqrt{rg}$ propagation or attenuation constant
- $R_G = \sqrt{\frac{r}{g}}$ characteristic resistance (ohms)
- $r =$ unit lineal resistance, ohms/unit length
- $g =$ unit conductance to earth S/unit length
- $x =$ number of unit lengths from receiving end
- $y =$ number of unit lengths from sending end

General Equations	Where:
1. $E = E_r \cosh(\alpha x) + R_G I_r \sinh(\alpha x)$	E_r = receiving end potential
2. $I = I_r \cosh(\alpha x) + \left(\frac{E_r}{R_G}\right) \sinh(\alpha x)$	I_r = receiving end current
3. $E = E_s \cosh(\alpha y) - R_G I_s \sinh(\alpha y)$	E_s = sending end potential
4. $I = I_s \cosh(\alpha y) - \left(\frac{E_s}{R_G}\right) \sinh(\alpha y)$	I_s = sending end current
5. $R_{so} = R_G \coth(\alpha x)$	R_{so} = Resistance looking into open line
6. $R_G = \sqrt{R_{so} R_{ss}}$	R_{ss} = Resistance looking into shorted line

Figure 2.18 DC Attenuation Formulas

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک																	
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM <table><tr><td>پروژه</td><td>بسته کاری</td><td>صادرکننده</td><td>تسهیلات</td><td>رشته</td><td>نوع مدرک</td><td>سریال</td><td>نسخه</td></tr><tr><td>BK</td><td>GCS</td><td>PEDCO</td><td>120</td><td>EL</td><td>CN</td><td>0008</td><td>D04</td></tr></table>	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008	D04	شماره صفحه : 17 از 26
پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه											
BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008	D04											

Table 2.6 Typical Pipe to Earth Leakage Conductance for Dielectric Protective Coatings In 1000 Ohm Cm Soil

Long Pipelines with Few Fittings	AVERAGE SPECIFIC COATING CONDUCTANCE	
	g' or 1/r' Siemens/ft ²	g' or 1/r' Siemens/m ²
Quality of Work		
Excellent	<1 x 10 ⁻⁵	<1 x 10 ⁻⁴
Good	1 x 10 ⁻⁵ to 5 x 10 ⁻⁵	1 x 10 ⁻⁴ to 5 x 10 ⁻⁴
Fair	5 x 10 ⁻⁵ to 1 x 10 ⁻⁴	5 x 10 ⁻⁴ to 1 x 10 ⁻³
Poor	>1 x 10 ⁻⁴	>1 x 10 ⁻³
Bare pipe (2" to 12") (5 cm to 30 cm)	4 x 10 ⁻³ to 2 x 10 ⁻²	4 x 10 ⁻² to 2 x 10 ⁻¹
Gas or Water Distribution with Many Fittings		
Quality of work		
Excellent	<5 x 10 ⁻⁵	<5 x 10 ⁻⁴
Good	5 x 10 ⁻⁵ to 1 x 10 ⁻⁴	5 x 10 ⁻⁴ to 1 x 10 ⁻³
Fair	1 x 10 ⁻⁴ to 5 x 10 ⁻⁴	1 x 10 ⁻³ to 5 x 10 ⁻³
Poor	>5 x 10 ⁻⁴	>5 x 10 ⁻³
Bare pipe (2" to 12") (5 cm to 30 cm)	4 x 10 ⁻³ to 2 x 10 ⁻²	4 x 10 ⁻² to 2 x 10 ⁻¹

Electrical leakage through a coating on a long structure such as a pipeline has an important impact on the distribution of current from a cathodic protection source.

	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM							شماره صفحه : 18 از 26	
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال		نسخه
	BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008		D04

According to the above calculations, the total length of the pipeline can be protected in worst case by only one side. So, considering 2 stations can be increased this polarization will be certified.

With considering natural potential is 0.45 V, the potential in the end location of the will be;

$$E_{48 \text{ Km}} = -0.45 - 0.55 = -1.0 \text{ V}$$

According to the above-mentioned formulas and 100 meter distance between anode bed to structure and 5414 ohm.cm (Average of soil resistivity in 3 meter depth of close to laying pipeline) the total length of the pipeline will be gained the convenient polarization with 2No.s CP stations.

The protection length of pipeline by one station will be 22 Km from each station due to obtain acceptance potentials as on potential in midpoint of line ($E_{22 \text{ Km}} = -0.45 - 0.75 = -1.2 \text{ V}$).

6.8 TEMPORARY CATHODIC PROTECTION CALCULATION

The number of anodes for temporary based on current density is calculated as below:

$$M_a = \frac{I_c \times t_f \times 8760}{u \times \varepsilon}$$

Where:

8760 refers to hours per year

U: Anode utilization factor (0.85 For Mg anode)

ε : Electrochemical capacity (Ah/kg) (1200 for Mg anode)

Tf=life time (1)

Ic=appropriate current for one year that will be calculated as following:

$$f_f = f_i + (\Delta f \times t_{dl})$$

Where:

f_f : coating breakdown

f_i : is the initial coating breakdown factor at the start of pipeline operation(0.5 according to ISO 155891 for FBE pipeline coating)

Δf : is the average yearly increase in the coating breakdown factor. (0.3 according to ISO 155891 for FBE pipeline coating)

t_{dl} : is the design life time in year.(1 year)

$$f_f = 0.5 + 0.3 = 0.8$$

	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM							شماره صفحه : 19 از 26	
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال		نسخه
	BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008		D04

Anode Specification

- Type: High potential Magnesium Anode*
- Anode weight: 17 lbs. (7.7 kg)
- Chemical composition: In Accordance with IPS M-TP-750
- Utilization Factor: 0.85
- Efficiency: 50%
- Design Life: 2 yrs.
- Consumption rate: 7.3 kg/A.y



Note: this type of sacrificial anode includes min 6% Al as respect to ISO15589-1.



WEIGH kg (lbs)	DIMENSIONS (mm)			TOTAL PACKAGED WEIGHT (APPROX.) kg
	A	B	C	
4.1 (9)	90	90	350	10
7.7 (17)	90	90	650	20
14.5 (32)	140	140	540	30
21.8 (48)	140	140	820	45

Current requirement for protection of Pipeline surface as below formula:

$$I_C = (S \times J_{1CD} \times CB) + (S \times J_{2CD} \times CE)$$

Where:

I_C = Current Requirement (A)

S = Total Surface (m²)

CB = Coating Breakdown (%) = 0.8% based on above calculation

CE = Coating Efficiency (1-CB) (%) = 99.2 %

J_{1CD} = Uncoated Current Density (mA/m²) = 20 mA/m²

J_{2CD} = Coated Current Density (mA/m²) = 1.25 mA/m²

Required current are calculated:

The total current required is about 41.33 A.

	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM							شماره صفحه : 20 از 26	
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال		نسخه
	BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008		D04

Duo to anode current and weight methods, the number of these facilities should be accounted for optimum CP design through following formula:

Weight Method:



$$\text{Magnesium(Kg)} = \frac{\text{Anode(Life)} \times \text{Current(A)} \times \text{Consumption(kg / Ay)}}{\text{Efficiency} \times \text{Utilization(f)}}$$

ANODE TYPE SELECTION			9lb(4.1kg)	17lb(7.7kg)	32lb(14.5kg)	81lb(21.8kg)	
	Anode Selected Type and shape		Short flush	Long flush	Short flush	Long flush	ACC. TO IPS-M-TP-750/3 - (8.5.1 Magnesium anodes)
	Anode Net Weight		4.1	7.7	14.5	21.8	
	Anode Length	L(mm)	350	650	540	820	
	Anode Width	W(mm)	90	90	140	140	
	Anode Height	H(mm)	90	90	140	140	
	Minimum Anode Quantity	$N_{min}^{Ind.Mass}(EA)$	87	47	25	17	

With consideration of 14.5 kg type anode:

Item	Total Anode Weight Requirement (Kg)	Quantity of Magnesium (32lb) Anode Based on Weight plus surplus	No. of ground beds
1	355	24.48	25

So, for 1 year's cathodic protection service life:

Ma=355 kg

The most suitable size of anode will be 32 lbs (14.51kg). So, 25 Anodes, are required as minimum with weight method.

Current Output Method:

According to NACE CP4, for one anode bed resistance against ground bed shall be calculated according to following formula.

$$R_a = \frac{\rho}{2\pi L} \ln\left(\frac{2L}{d}\right)$$

Where;

ρ : Soil Resistivity (Ohm.m) ; 54.14

L : Length of Anode (m) ; 0.54

d : Diameter of Sacrificial Anode (m) ; 0.178

A, B = 140 mm, C = 540 mm $\rightarrow C \sim (A+B) \times 2 = (14+14) \times 2 = 56 \text{ cm}$

$$d = \frac{c}{\pi}$$

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM							شماره صفحه : 21 از 26	
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال		نسخه
	BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008	D04	

$$d = 56 / \pi = 17.82 \text{ cm}$$

$$R_a = \frac{54.14}{2 \times 3.14 \times 0.54} \times \ln \frac{2 \times 0.54}{0.718} = 15.96 \times 0.4 = 6.51 \Omega$$

Maximum Current output: $I_a = \Delta V / R_a \rightarrow I_a = (-0.85 - (-1.7)) / 6.51 = 0.13 \text{ Amp}$

Quantity of Magnesium Anode Requirement Based on Current:

$$N_a = I_{CR} / I_a = 41.3 / 0.13 = 318 \text{ No. s for 1 years' design life.}$$



Therefore,

Due to not exceed standard duration time (3 month) between energize permanent cathodic protection system and laying underground pipeline we are considered 25 no.s of sacrificial anodes as respect to weight method. (ISO 15589-1 edited 2015 , Page 36 , Clauses 8.6). So, according to 25 test boxes are designed we can be distributed anodes in 25 points.

6.9 OTHER CONSIDERATIONS AND SUMMERY

- The stations will be positioned at: 1. beginning of line (Km 0.2) and 2. at the end of line (Km 43.5).
- Temporary Cathodic Protection will use 25 No. Mg Anodes, each with 32lb weight Magnesium anodes, installed at 25 test points.

7.0 APPENDIX

۱۶- برق رسانی برای تجهیزات حفاظت کاتدیک در ابتدای خط، از پروژه جدید احداث ردیف تراکم گاز در

ایستگاه جمع اوری بینک با طول کابل کشی 400 متر تامین خواهد شد.

۱۷- برق رسانی برای تجهیزات حفاظت کاتدیک در انتهای خط از طریق فیدر 63 آمپر L11 از سلول شماره 5

کلید خانه فشار ضعیف واحد تزریق گاز سیاه مکان با طول کابل کشی 400 متر تامین خواهد شد.

PIPE LINE CONCLUSION SUMMARY								
Pipeline	Case	Mass Flow Rate	Temp.		Press.		Pipeline Diameter (in)	Length (km)
			IN	OUT	IN	OUT		
		(kg/hr)	(°F)		(Psig)			
GAS TRANSFERRING PIPELINE FROM BINAK C.S. TO SIAHMAKAN G.I.	Normal Flow Summer	17597.904	132.6	88.41	666.724	507.5	8"	43.897
	Normal Flow winter	17624.98	132.6	58.52	663.143	507.5		

	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM</th></tr><tr><th>نسخه</th><th>سریال</th><th>نوع مدرک</th><th>رشته</th><th>تسهیلات</th><th>صادرکننده</th><th>بسته کاری</th><th>پروژه</th></tr><tr><td>D04</td><td>0008</td><td>CN</td><td>EL</td><td>120</td><td>PEDCO</td><td>GCS</td><td>BK</td></tr></table>	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM								نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه	D04	0008	CN	EL	120	PEDCO	GCS	BK	شماره صفحه : 22 از 26
CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM																										
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادرکننده	بسته کاری	پروژه																			
D04	0008	CN	EL	120	PEDCO	GCS	BK																			

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک																	
شماره پیمان:	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR PIPELINES																	
053 - 073 - 9184	<table><tr><td>پروژه</td><td>بسته کاری</td><td>صادرکننده</td><td>تجهیزات</td><td>رشته</td><td>نوع مدرک</td><td>سریال</td><td>نسخه</td></tr><tr><td>BK</td><td>PPL</td><td>PEDCO</td><td>320</td><td>GT</td><td>RT</td><td>0001</td><td>D01</td></tr></table>	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تجهیزات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه	BK	PPL	PEDCO	320	GT	RT	0001	D01	شماره صفحه : 34 از 82
پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تجهیزات	رشته	نوع مدرک	سریال	نسخه											
BK	PPL	PEDCO	320	GT	RT	0001	D01											

در پروژه حاضر، آزمایش‌های ژئوالکتریک در هر یک از نقاط با استفاده از روش سونداژ *VES* و با استفاده از آرایه ونر در اعماق 1 تا 3 متری انجام پذیرفت. مشخصات محل آزمایش و نتایج حاصل از آن در جدول 3-5، شکل 3-10 الی شکل 3-20 و پیوست 3-1 ارائه شده است.

جدول 3-5 مقاومت ویژه میانگین قرانت شده برای اعماق مختلف در هر محل بر حسب اهم متر

Station No.	$\rho_a (\Omega m)$	
	$a=1m$	$a=3m$
BH-PL-1	0.6	12.3
BH-PL-2	1.57	9.6
BH-PL-3	0.71	8.22
BH-PL-4	10.5	52.65
BH-PL-5	1.27	7.9
BH-PL-6	1.04	7.3
BH-PL-7	1.31	10.5
BH-PL-8	5.82	14.51
BH-PL-9	26.5	109
BH-PL-10	21.2	150.3
BH-PL-11	23.8	141.3
BH-PL-12	21.4	100
BH-PL-13	19.2	124.6
BH-PL-14	15.4	141.2
BH-PL-15	31.7	126.4
BH-PL-16	30.2	135.2
BH-PL-17	24.5	102.5
BH-PL-18	26.9	140.3
BH-PL-19	32.4	151.2
BH-PL-20	25.1	106.7
BH-PL-21	3.6	10.65
BH-PL-22	4.6	17.6
BH-PL-23	5.2	14.56
BH-PL-24	3.4	17.5
BH-PL-25	2.6	12.5
BH-PL-26	31.2	111.8
BH-PL-27	20.7	52.6

 NISOC	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک							
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM							شماره صفحه : 23 از 26
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008	D04

شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR PIPELINES							شماره صفحه: 35 از 82
	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	PPL	PEDCO	320	GT	RT	0001	
							D01	

BH-PL-28	15.8	120.8
BH-PL-29	2.2	12.3
BH-PL-30	30.40	150.2

ادامه جدول 3-5 مقاومت ویژه میانگین قرائت شده برای اعماق مختلف در هر محل بر حسب اهم متر

Station No.	$\rho_a (\Omega m)$	
	$a=1m$	$a=3m$
BH-PL-31	40.2	160.5
BH-PL-32	2.6	14.6
BH-PL-33	2.1	12.3
BH-PL-34	2.3	11.3
BH-PL-35	3.2	8.6
BH-PL-36	2.6	10.5
BH-PL-37	4.3	13.5
BH-PL-38	3.6	12.4
BH-PL-39	2.5	10.6
BH-PL-40	1.6	14.3
BH-PL-41	7.6	9.4
BH-PL-42	6.5	10.6
BH-PL-43	5.2	13.2
BH-PL-44	3.5	12.4
BH-PL-45	6.5	18.7
BH-PL-46	7.4	16.4
BH-PL-47	9.3	11.3
BH-PL-48	8.5	17.7
BH-PL-49	5.43	13.8
BH-PL-50	3.6	19.2
BH-PL-51	4.6	12.5
BH-PL-52	1.23	13.7
BH-PL-53	2.31	16.4
BH-PL-54	5.8	12.9
BH-PL-55	4.7	10.5
BH-PL-56	6.4	14.8
BH-PL-57	1.51	11.85
BH-PL-58	3.4	13.7
BH-PL-59	2.56	1.68

	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM							شماره صفحه : 24 از 26	
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال		نسخه
	BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008		D04

	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک							
شماره پیمان:	GEOTECHNICAL INVESTIGATION REPORT FOR PIPELINES							شماره صفحه : 36 از 82
053 - 073 - 9184	پروژه	بسته کاری	صادر کننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال	
	BK	PPL	PEDCO	320	GT	RT	0001	D01

BH-PL-60	5.7	13.2
----------	-----	------

ادامه جدول 3-5. مقاومت ویژه میانگین قرائت شده برای اعماق مختلف در هر محل بر حسب اهم متر

Station No.	$\rho_a (\Omega m)$	
	$a=1m$	$a=3m$
BH-PL-61	2.21	11.7
BH-PL-62	3.05	12.4
BH-PL-63	5.01	18.6
BH-PL-64	6.2	14.3
BH-PL-65	3.41	8.5
BH-PL-66	22.5	49.6
BH-PL-67	29.1	52.3
BH-PL-68	1.19	13.3
BH-PL-69	1.49	17.4
BH-PL-70	3.25	16.8
BH-PL-71	2.02	19.4
BH-PL-72	35.1	120.7
BH-PL-73	30.5	59.8
BH-PL-74	22.6	60.7
BH-PL-75	4.1	8.6
BH-PL-76	35.9	61.4
BH-PL-77	20.7	59.5
BH-PL-78	34.2	54.1
BH-PL-79	37.6	66.4
BH-PL-80	25.1	64.2
BH-PL-81	29.5	48.1
BH-PL-82	38.4	50.3
BH-PL-83	17.6	65.1
BH-PL-84	28.3	52.7
BH-PL-85	9.1	14.9
BH-PL-86	22.65	42.1
BH-PL-87	3.5	18.6
BH-PL-88	23.7	46.2
BH-PL-89	11.8	15.3

	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک								
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM							شماره صفحه : 25 از 26	
	پروژه	بسته کاری	صادرکننده	تسهیلات	رشته	نوع مدرک	سریال		نسخه
	BK	GCS	PEDCO	120	EL	CN	0008		D04

8.0 SOIL RESISTIVITY AVERAGE IN 3M DEPTH.

Item	a= 3 m
	R (Ω .m)
1	12.3
2	9.6
3	8.22
4	52.65
5	7.9
6	7.3
7	10.5
8	14.51
9	109
10	150.3
11	141.3
12	100
13	124.6
14	141.2
15	126.4
16	135.2
17	102.5
18	140.3
19	151.2
20	106.7
21	10.65
22	17.6
23	14.56
24	17.5
25	12.5
26	111.8
27	52.6
28	11.7
29	12.4
30	18.6
31	14.3
32	8.5
33	49.6
34	52.3
35	13.3
36	17.4

	نگهداشت و افزایش تولید میدان نفتی بینک سطح الارض احداث خطوط انتقال گاز/مایعات گازی از ایستگاه تقویت فشار گاز بینک تا ایستگاه تزریق گاز سیاهمکان/واحد بهره برداری بینک																									
شماره پیمان: 053 - 073 - 9184	<table><tr><th colspan="8">CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM</th></tr><tr><th>نسخه</th><th>سریال</th><th>نوع مدرک</th><th>رشته</th><th>تسهیلات</th><th>صادر کننده</th><th>بسته کاری</th><th>پروژه</th></tr><tr><td>D04</td><td>0008</td><td>CN</td><td>EL</td><td>120</td><td>PEDCO</td><td>GCS</td><td>BK</td></tr></table>	CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM								نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادر کننده	بسته کاری	پروژه	D04	0008	CN	EL	120	PEDCO	GCS	BK	شماره صفحه : 26 از 26
CALCULATION NOTE FOR CATHODIC PROTECTION SYSTEM																										
نسخه	سریال	نوع مدرک	رشته	تسهیلات	صادر کننده	بسته کاری	پروژه																			
D04	0008	CN	EL	120	PEDCO	GCS	BK																			

37	16.8
38	19.4
39	120.7
40	59.8
41	60.7
42	8.6
43	61.4
44	59.5
45	54.1
46	66.4
47	64.2
48	48.1
49	50.3
50	65.1
51	52.7
52	14.9
53	42.1
54	18.6
55	46.2
56	15.3
57	Average = 54.14 ohm.m