

نشریه فنی تخصصی قدس نیرو  
شماره ۳۲ - زمستان ۱۳۸۸

شرکت مهندسی

قدس نیرو



# واحد مدیریت شبکه های انتقال و توزیع نیرو

امکانات گسترده نرم‌افزاری و سخت‌افزاری، کارکنان متخصص، دانش فنی روزآمد و تجربیات گرانبهای سی و پنج ساله در طراحی، نظارت و اجرای بیش از بیست و پنج هزار کیلومتر خطوط انتقال و توزیع نیرو در شرکت مهندسی قدس نیرو پشتوانه وزینی برای طرح‌های صنعت برق کشور است.

واحد مدیریت شبکه‌های انتقال و توزیع نیرو در این شرکت در زمینه‌های زیر همکار امین و مورد اعتماد شماست:

- خدمات مشاوره شامل طراحی و نظارت بر اجرای خطوط انتقال نیرو در همه سطوح ولتاژ
- خدمات مهندسی و تدارکات برای خطوط انتقال نیرو در همه سطوح ولتاژ
- اجرای پروژه‌های EPC خطوط انتقال نیرو در همه سطوح ولتاژ
- خدمات مشاوره شامل طراحی و نظارت بر اجرای شبکه‌های توزیع شهری و روستایی
- خدمات مهندسی و تدارکات برای شبکه‌های توزیع شهری و روستایی
- اجرای طرح‌های توزیع به صورت کلید در دست
- برنامه‌ریزی و مطالعات سیستم‌های قدرت
- مطالعات طرح‌های جامع کوتاه، میان و بلند مدت شبکه‌های برق
- مطالعات بهینه‌سازی شبکه‌های قدرت و رفع معایب
- مطالعات ریسک سیستم‌های قدرت و طراحی روش‌های بهبود
- مطالعات شبکه‌های توزیع صنعتی و طراحی اقدامات اصلاحی مورد نیاز
- طراحی و توسعه نرم‌افزارهای مهندسی
- طراحی و ساخت تجهیزات مورد نیاز برای مکانیزاسیون شبکه‌های توزیع
- خدمات کامل مهندسی نقشه‌برداری با ارائه راه‌حل‌های جامع و کاربردی
- با بهره‌برداری از مدرن‌ترین سخت‌افزارها و نرم‌افزارهای مهندسی



## بسمه تعالی



### فهرست مطالب

- معرفی**
- ۱ مدیریت مصرف انرژی در سیستم‌های نمک‌زدایی - مهندس سیستانا محمد قاسمی و مهندس رامین نیکنام
  - ۲ الگوی مصرف آب در شرکت‌های آبفای روستایی - مهندس میرداود حسینی میلانی
  - ۸ حفاظت الکتریکی نیروگاه گازی - دکتر کاوس قصبه
  - ۱۴ تعیین میزان تأثیر دیوار آبنند در کاهش آبگذری پی سد پیغام چای کلیبر از طریق تحلیل عددی - مهندس رسول فرج‌نیا و مهندس حامد فرشیا فآجانی
  - ۲۱ بررسی پارامترهای تأثیرگذار بر انتقال حرارت در محفظه به روش عددی و تجربی - مهندس منصور نصر اصفهانی
  - ۲۷ مکان‌یابی محل احداث نیروگاه‌های گازی ۱ و ۲ زنجان با رویکرد محیط زیستی - مهندس علی سمیعی و مهندس اکبر مقدم
  - ۳۰ نحوه راه‌اندازی، بهره‌برداری و متوقف و خارج نمودن ژنراتورهای تیپ آنسالدو Ty 10546 - مهندس انوش مؤیدی کاشانی
  - ۳۸ پایش وضعیت و عیب‌یابی سیستم‌های آب شیرین‌کن اسمز معکوس - مهندس حسین حق‌پرست
  - ۴۴

### نشریه فنی تخصصی قدس نیرو

شماره ۳۲ - زمستان ۱۳۸۸

مدیر مسئول: مهندس احمد شکوری‌راد

سر دبیر: مهندس فتانه دوستدار

### با تشکر از همکاری آقایان:

- مهندس احمد اهرابی
- مهندس حسین بختیاری‌زاده
- مهندس احمد فریدون درافشان
- مهندس میر داود حسینی میلانی
- دکتر همایون صحیحی
- مهندس منصور قزوینی
- مسعود نجمی

از مدیر و همکاران محترم امور پشتیبانی سپاسگزاریم.

### هیأت داوران:

مهندس پورنگ‌پاینده، مهندس مسعود حبیب‌آزاده، مهندس فتانه دوستدار، مهندس رضا رضوی، مهندس محمدحسن زرگرشوشتری، مهندس فرهاد شاهمنصوریان، مهرداد صارمی، دکتر همایون صحیحی، مهندس غلامرضا صفارپور، دکتر جعفر عسگری، مهندس امیرهمایون فتحی، مهندس بهرام کرمانی، مهندس علی‌اصغر کسائیانی، مهندس محسن کمالی‌زاده، مهندس وحید مرتضوی، مهندس الهام ملکی، مهندس رضا میرمحمدی، مهندس محمدرضا نصرالهی، مهندس بهروز هنری.

این نشریه از طریق اینترنت قدس‌نیرو در دسترس همکاران می‌باشد. ارتباط مستقیم با مقاله‌دهندگان از طریق Email یا فاکس آنان در انتهای هر مقاله و همچنین ارائه نظرات، پیشنهادات و سؤالات احتمالی خوانندگان گرامی از طریق اینترنت قدس‌نیرو و یا شماره تلفن نشریه ۸۸۴۴۲۴۸۲ امکان‌پذیر می‌باشد.

# مدیریت مصرف انرژی در سیستم های نمک زدایی

سیستانا محمد قاسمی

مسؤل واحد مدیریت مصرف انرژی - شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور

رامین نیکنام

کارشناس آبیاری و زهکشی - SBU آب

واژه های کلیدی: مدیریت مصرف انرژی، آب، تصفیه شیمیایی آب، آب شیرین کن، نمک زدایی

## چکیده

در تصفیه شیمیایی هرگونه اختلال در کار فرایند تصفیه به اتلاف انرژی منجر خواهد شد. در این مقاله به مدیریت مصرف انرژی در سیستم های نمک زدایی پرداخته شده است که شامل شناسایی انواع روش های نمک زدایی، مقایسه هزینه بهره برداری، محل های اتلاف انرژی و تجهیزات انرژی بر در هریک از روش ها، میزان انرژی مصرفی و روش تعیین شاخص های انرژی، تجزیه و تحلیل اقتصادی و پیشنهاد گزینه برتر با توجه به نتایج آزمایش در پایلوت های بندر خمیر قشم و تهران پرداخته شده است.

## ۱- مقدمه

روش های نمک زدایی خود بخش مهمی از صنعت آب و فاضلاب هستند که روز به روز با توجه به افزایش آلودگی منابع آب کاربرد بیشتری پیدا می کنند. در زمینه آب آشامیدنی می توان گفت که کلیه روش های نمک زدایی در صورتیکه مواد زیانباری را به صورت جنبی به آب نیفزایند می توانند کاربرد داشته باشند. با وجود این به لحاظ کیفیت آب آشامیدنی خروجی، روش های زیر به ترتیب دارای اولویت هستند که در این مقاله به لحاظ مصرف انرژی نیز مورد بررسی قرار خواهند گرفت:

- صافی غشائی
- تقطیر
- تبادل یونی
- الکترو دیالیز

## ۲- انواع روش های نمک زدایی (تصفیه شیمیایی)

تصفیه شیمیایی یا نمک زدایی یا شیرین کردن آب (آب شیرین کن ها) یکی از انواع تصفیه آب می باشد. هدف از تصفیه شیمیایی حذف مواد محلول کانی و آلی نامطلوب یا زیانبار، از آب است. تصفیه شیمیایی شامل روش های ذیل می باشد:

- حذف سختی موقت (Precipitation)
- صافی های غشائی (Membrane Filters)
- اسمز معکوس (RO یا HF)
- (Reverse Osmosis or Hyper Filtration)
- نانو فیلتراسیون (NF) (Nano Filtration)
- الترا فیلتراسیون (UF) (Ultra Filtration)

## ۳- مقایسه هزینه روش های مختلف تهیه آب شیرین

بر اساس نمودار (۱) اگر کل مواد محلول در بازه های زیر باشد، اولویت روش های تصفیه به ترتیب زیر است: [۱]

- بین ۱۰ تا ۹۰ mg/l ، اولویت به ترتیب با روش تبادل یونی و اسمز معکوس
- بین ۹۰ تا ۳۰۰ mg/l ، اولویت به ترتیب با روش اسمز معکوس یک مرحله ای، دو مرحله ای و تبادل یونی
- بین ۳۰۰ تا ۷۵۰ mg/l ، اولویت به ترتیب با روش الکترو دیالیز، اسمز معکوس یک مرحله ای، دو مرحله ای و تبادل یونی

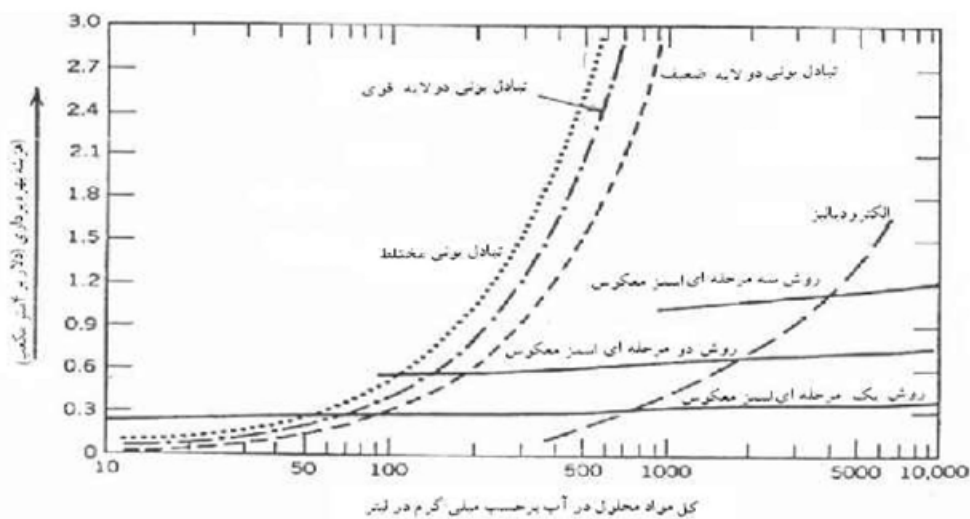
- بین ۷۵۰ تا ۲۰۰۰ mg/l ، اولویت به ترتیب با روش اسمز معکوس یک مرحله‌ای، الکترودیالیز و اسمز معکوس دو مرحله‌ای
- بین ۲۰۰۰ تا ۴۰۰۰ mg/l ، اولویت به ترتیب با روش اسمز معکوس یک مرحله‌ای، دو مرحله‌ای، الکترودیالیز

جدول (۱): مقایسه چهار فرآیند صافی غشائی

اسمز معکوس	نانو فیلتراسیون	الترافیلتراسیون	میکروفیلتراسیون	نوع غشاء
یک سویه	یک سویه	یک سویه	یک سویه - دو سویه	ضخامت
۱۵۰ μm	۱۵۰ μm	۱۵۰-۲۵۰ μm	۱۰-۱۵۰ μm	لایه نازک سطحی
۱ μm	۱ μm	۱ μm	ندارد	قطر سوراخها
<۰.۰۰۲ μm	<۰.۰۰۲ μm	۰.۲-۰.۰۲ μm	۴-۰.۰۲ μm	موارد حذف
ترکیبات ملکولی سنگین ترکیبات ملکولی سبک سدیم کلراید گلوکز اسیدهای آمینه	ترکیبات ملکولی سنگین منو، دی و چند ساکاریدها یونهای منفی چند ظرفیتی	مولکولهای زنجیره بلند پروتئین پلی ساکاریدها ویروس	ذرات رس باکتری	جنس غشاء
سلولز استات و لایه نازک سطحی	سلولز استات و لایه نازک سطحی	سرامیک پلی سولفون یا پلی اتر سولفون پلی وینیلیدندی فلوراید سلولز استات و لایه نازک سطحی	سرامیک پلی پروپیلن پلی سولفون یا پلی اتر سولفون پلی وینیلیدندی فلوراید	بسته بندی غشاء
لوله‌ای مارپیچی صفحه و قاب	لوله‌ای مارپیچی صفحه و قاب	لوله‌ای بافت تو خالی مارپیچی صفحه و قاب	لوله‌ای بافت تو خالی	فشار کار
۱۵-۱۵۰ بار	۵-۳۵ بار	۱-۱۰ بار	۲ بار <	

جدول (۲): میزان مصرف انرژی پایه در سامانه‌های صافی غشائی

ردیف	فناوری	کیلو وات ساعت به میلیون گالن	کیلو وات ساعت به ۱۰۰۰ متر مکعب
۱	میکروفیلتراسیون	۱۰۰	۲۶
۲	الترافیلتراسیون	۱۰۰۰	۲۶۴
۳	نانو فیلتراسیون	۱۸۰۰	۴۷۵



نمودار (۱): مقایسه هزینه بهره‌برداری از روش‌های الکترودیالیز، اسمز معکوس و تبادل یونی

#### ۴- محل های اتلاف انرژی (تصفیه شیمیایی)

در تصفیه شیمیایی هرگونه اختلال در کار فرایند پیش تصفیه باعث افزایش مواد معلق در ورودی تصفیه شیمیایی می شود که در نهایت به اتلاف انرژی منجر خواهد شد. [۱]

#### • صافی غشائی

در فرایند صافی غشائی تمام سطح غشاء به صورت موازی عمل می کند که در دو حالت زیر راندمان انرژی غشاء کاهش می یابد:

حالت اول) اگر منافذ غشاء بزرگتر از حد مجاز باشد، تراوش افزایش می یابد و به علت عدم جذب املاح توسط منافذ غشاء، کیفیت آب خروجی تنزل می یابد.

حالت دوم) اگر منافذ غشاء گرفتگی داشته باشد، حجم آب خروجی کاهش یافته و انرژی تلف می شود.

گرفتگی منافذ غشاء که راندمان تولید را کاهش داده و انرژی را تلف می کند معمولاً به سه علت زیر ایجاد می شود:

- با افزایش کارکرد غشاء و عدم به موقع شستشوی معکوس مدول ها با آب نمک زدائی شده.

- بالا رفتن مقطعی غلظت املاح آب ورودی، که برای رفع آن می بایست علت جستجو، رفع شده و عمل شستشوی معکوس مدول ها با آب نمک زدائی شده انجام گیرد.

- پایان عمر غشاء بر اساس کاتالوگ سازنده آن، که در این صورت می بایست مدول تعویض شود.

#### • تقطیر

#### - رسوبگذاری

در فرایند تقطیر با توجه به اینکه از انرژی تقطیر آب خروجی برای گرمایش آب ورودی استفاده می شود لوله های با قطر حدود یک اینچ در نقش مبدل حرارتی عمل می کنند، بالا بودن درجه حرارت و املاح موجب خوردگی یا رسوب گذاری در این لوله ها است.

در صورت رسوب گذاری و در نتیجه گرفتگی لوله ها، راندمان تولید پائین آمده و انرژی تلف می شود.

#### - خوردگی

در اثر خوردگی هر از چندی لوله ها سوراخ شده و موجب اختلاط آب ورودی و آب خروجی می شود در این صورت آلودگی میکروبیولوژیک و طعم و بو به آب خروجی راه یافته، راندمان پائین آمده انرژی تلف می شود. در چنین مواقعی جهت رفع آلودگی باید فوراً تولید را متوقف کرده لوله یا لوله های معیوب را تعویض نمود.

#### • تبادل یونی

در فرایند تبادل یونی احیای به موقع رزین ها دارای اهمیت است زیرا در احیای دیر هنگام کیفیت آب سریعاً افت کرده راندمان تولید پائین آمده، انرژی تلف می شود و در احیاء زود هنگام نیز انرژی هدر می رود.

#### • الکترودیالیز

در اثر یونیزه شدن و تجزیه آب غشاء الکترودیالیز سریعاً

صدمه می بیند که موجب اتلاف انرژی و افت ولتاژ می گردد.

#### ۵- تجهیزات انرژی بر

در تمام روش های تصفیه شیمیایی، پمپ یکی از تجهیزات انرژی بر فرایند آبرسانی به شمار می آید. [۱]

در کلیه روش های تصفیه شیمیایی تجهیزات انرژی بر در هر یک از فرایندهای تصفیه به شرح ذیل می باشد:

۱-۵- فرایند حذف سختی موقت Precipitation

۱. همزن تند Flash Mixer

۲. پل لجن روب در حوض ته نشینی

۳. پمپ های تخلیه لجن

۴. موتور محرک تجهیزات تغلیظ و آب گیری از لجن در بخش فرآوری لجن.

۲-۵- فرایند صافی های غشائی

۱. پمپ های ایجاد فشار.

۲. پمپ های شستشو.

۳-۵- فرایند الکترودیالیز (E.D.) Electro Dialyze

۱. پمپ انتقال آب.

۴-۵- فرایند تقطیر Distillation

۱. پمپ ها

۲. تجهیزات گرمایش آب

۵-۵- فرایند تبادل یونی

۱. پمپ ها.

#### ۶- تعیین میزان مصرف انرژی در روش های تصفیه

#### شیمیایی آب

انرژی یک فاکتور مهم در تبدیل آب شور به شیرین می باشد. حداقل انرژی مورد نیاز این فرایند را می توان در پائین ترین سطح انرژی با یک تبدیل بدون نقض قانون دوم ترمودینامیک محاسبه کرد. حداقل کار مورد نیاز برای انجام یک فرایند برگشت پذیر از رابطه (۱) حاصل می شود.

$$W_{\min} = \Delta H - T_0 \Delta S \quad (1)$$

که در آن  $W_{\min}$  حداقل کار انجام شده،  $H$  انتالپی،  $S$  انتراپی، دمای مطلق  $T_0$  می باشد.

$W_{\min}$  مقدار کار انجام شده به چگونگی اجرای فرایند بستگی ندارد بلکه فقط به اجرای مرحله ابتدائی و نهائی وابسته است. معادله (۱) می تواند به فرمول ساده تر زیر که گویای یک فرایند ایزوترمال است تبدیل شود:

$$-W_{\min} = \int_{n1}^{n2} RT \frac{P}{P_0} dn \quad (2)$$

در این معادله  $P$  فشار تبخیر محلول نمک،  $P_0$  فشار تبخیر آب خالص،  $T$  دمای مطلق،  $R$  ضریب ثابت گاز،  $n$  تعداد ملکول های آب جدا شده می باشد.

درحالی که مقدار آب شیرین شده در مقابل آب شور بی نهایت ناچیز (بازیافت صفر) باشد می توان یک روش خاص را به کاربرد. در این صورت فرض می شود که عملیات



در سه مرحله خرد شده انجام گیرد و بدین ترتیب برگشت پذیری حاصل می‌گردد.

۱- در دمای ثابت، یک ملکول آب از یک حجم بزرگ محلول نمک (آب دریا) تبخیر می‌شود در این صورت خواهیم داشت:

$$W_1 = P(V_{\text{vapor}} - V_{\text{liquid}}) \quad (3)$$

در این رابطه  $W$  کار انجام شده،  $P$  فشار،  $V$  حجم می‌باشد. عملاً در مقایسه با  $V_{\text{vapor}}$  می‌توان از  $V_{\text{liquid}}$  صرف نظر کرد، همچنین بخار آب را تقریباً نزدیک به یک گاز کامل فرض کرد. در این صورت می‌توان فرمول گازهای کامل  $PV = RT$  را به کار برد. بنابراین:

$$W_1 = P \left( \frac{RT}{P} \right) = RT \quad (4)$$

۲- فشار بخار آب متراکم شده در دمای ثابت برگشت کرده و از  $P$  به  $P_0$  می‌رسد. در این صورت کار انجام شده عبارتست از:

$$W_2 = \int_P^{P_0} P dv = -RT \int_P^{P_0} \frac{dP}{P} = -RT \times \ln \frac{P_0}{P} \quad (5)$$

۳- در این حالت بخار آب در دمای ثابت و فشار  $P_0$  منقبض شده است. بنابراین:

$$W_3 = P_0(V_{\text{liquid}} - V_{\text{vapor}}) = -P_0 V_{\text{vapor}} = -P_0 \frac{RT}{P_0} = -RT$$

در این صورت جمع کار انجام شده از مرحله ۱ الی ۳ عبارتست از:

$$W_{\text{min}} = W_{\text{total}} = RT - RT \times \ln \frac{P_0}{P} - RT = -RT \times \ln \frac{P}{P_0} \quad (6)$$

علامت منفی نشان می‌دهد که در سامانه کار انجام شده است. [۱]

## ۷- شاخص‌های انرژی در روش‌های تصفیه شیمیایی

### آب [۲]

شاخص‌های اصلی انرژی در روش‌های تصفیه شیمیایی آب به شرح ذیل می‌باشند:

### ۱-۷- راندمان

برای تعیین راندمان می‌بایست موارد زیر مورد بررسی قرار گیرد:

الف - میزان شوری آب ورودی

میزان شوری آب ورودی به سامانه آب شیرین کن برحسب میلیگرم در لیتر تعریف می‌شود. بر مبنای نتایج آزمایشگاهی مقدار آن تعیین می‌گردد. اگر اندازه‌گیری‌ها تحت شرایط متعارفی انجام شده باشد در این صورت می‌توان نوشت:

$$W_i = \sum_{i=1}^{24} (Q_i \times S_i) \quad (7)$$

در این فرمول  $W_i$  مقدار نمک موجود برحسب  $Q_i$ ،  $\text{Kg/hr}$ ، مقدار جریان ورودی به سامانه برحسب  $S_i$ ،  $(\text{m}^3/\text{hr})$ ، مقدار نمک ورودی آب سامانه برحسب  $(\text{Kg}/\text{m}^3)$  است.

ب - میزان شوری خروجی

میزان شوری آب خروجی به سامانه آب شیرین کن برحسب میلیگرم در لیتر تعریف می‌شود. بر مبنای نتایج آزمایشگاهی مقدار آن تعیین می‌گردد. اگر اندازه‌گیری‌ها تحت شرایط متعارفی انجام شده باشد در این صورت می‌توان نوشت:

$$W_o = \sum_1^{24} (Q_o \times S_o) \quad (8)$$

در این فرمول  $W_o$  مقدار نمک موجود برحسب  $Q_o$ ،  $(\text{Kg}/\text{hr})$ ، مقدار جریان خروجی سامانه برحسب  $S_o$ ،  $(\text{m}^3/\text{hr})$ ، مقدار نمک خروجی آب سامانه برحسب  $(\text{Kg}/\text{m}^3)$  است.

بنابراین راندمان سامانه  $\eta$  عبارت است از نسبت متوسط شوری حذف شده به متوسط شوری ورودی به سامانه تحت شرایط متعارفی، در این صورت خواهیم داشت:

$$\eta = \frac{W_i - W_o}{W_i} \quad (9)$$

### ۲-۷- سهم هزینه برق مصرفی

محاسبه بهای برق یک متر مکعب آب شیرین شده برای هر فرایند عبارتست از:

$$C_s = \frac{C}{V} \quad (10)$$

که در این رابطه  $C$  هزینه برق مصرفی طی یک دوره به ریال،  $V$  حجم آب خروجی شیرین شده طی دوره برحسب  $\text{Cs am}^3$  سهم هزینه برق مصرفی یک متر مکعب آب شیرین شده به ریال می‌باشد.

۳-۷- برق مصرفی یک کیلوگرم نمک جدا شده در هر فرایند عبارتست از نسبت برق مصرفی طی یک دوره به مقدار نمک آزاد شده طی همان دوره، در این صورت خواهیم داشت:

$$ES = \frac{e}{S_i - S_o} \quad (11)$$

که در این رابطه  $S_i$  مقدار نمک ورودی آب سامانه برحسب  $\text{Kg}/\text{m}^3$ ،  $S_o$  مقدار نمک خروجی آب سامانه برحسب  $\text{Kg}/\text{m}^3$ ،  $e$ ، برق مصرفی طی یک دوره برحسب  $\text{Kwh}$ ، برق مصرفی یک کیلوگرم نمک برحسب  $\text{Kwh}/\text{Kg-solt}$

### ۴-۷- ضریب بار متوسط

ضریب متوسط بار عبارتست از نسبت انرژی مصرفی به زمان دوره و از فرمول زیر بدست می‌آید:

$$L_{av} = \frac{e}{t} \quad (12)$$



که در این رابطه E برق مصرفی طی یک دوره برحسب kWh، زمان دوره به ساعت،  $L_{av}$  ضریب متوسط بار به kw

#### ۷-۵- شدت انرژی برای حذف املاح

این شاخص عبارتست از نسبت ضریب متوسط شوری یک مترمکعب آب، بنابراین خواهیم داشت:

$$LT = \frac{L}{T_{av}} \quad (13)$$

که در آن  $L_{av}$  ضریب متوسط بار به  $T_{av}$  متوسط وزنی نمک حذف شده به  $LT$   $kg-m^3$  شدت انرژی در آب شیرین شده سامانه

#### ۸- تجزیه و تحلیل اقتصادی (تصفیه شیمیایی) از

##### دیدگاه مدیریت مصرف انرژی

در فرایند تقطیر تغییرات میزان املاح محلول آب ورودی در مصرف انرژی به ازاء هر متر مکعب تولید تأثیری ندارد، زیرا در هر صورت آب می‌بایست تبخیر شده و سپس تقطیر گردد. در سایر روش‌ها تغییرات میزان مصرف انرژی به ازاء هر متر مکعب تولید تقریباً با میزان املاح محلول آب ورودی تناسب مستقیم دارد.

روش‌های مختلف نمک‌زدایی در نمودار (۲) براساس دو محور شدت انرژی (برحسب  $Kwh/m^3$ ) و میزان مواد جامد محلول در آب یا TDS (برحسب  $Mg/Lit$ )، با یکدیگر مقایسه شده‌اند.

اگرچه این نمودار برای نوع خاصی از روش‌ها تهیه شده ولی می‌تواند حدوداً بیانگر مطالب فوق باشد.

از این نمودار می‌توان جهت پیشنهاد گزینه برتر به لحاظ اقتصادی که در بخش بعدی آمده است، استفاده نمود. [۱]

##### ۹- پیشنهاد گزینه برتر (تصفیه شیمیایی)

با توجه به عدم تغییر میزان مصرف انرژی با افزایش غلظت نمک‌ها در روش تقطیر می‌توان گفت که برای غلظت‌های بالا مانند آب دریا روش تقطیر به دلایل ذیل مناسب‌تر بوده و با کاهش غلظت املاح کاربرد صافی غشائی و سایر روش‌ها مناسب‌تر است:

- میزان مصرف انرژی روش تقطیری مساوی یا بیشتر از صافی غشائی است. اما منبع دیگر تأمین انرژی بجز الکتریسته، سوخت فسیلی نیز می‌باشد.
- در روش صافی غشائی فعلاً تأمین مدول‌ها وارداتی است، ضمن اینکه تا حدی نیاز به قطعات یدکی وارداتی در روش تقطیری نیز وجود دارد.
- کاربرد فرایند تبادل یونی در صنعت بیشتر درمورد تأمین آب مقطر برای خنک‌کننده‌ها است و غلظت مواد جامد محلول در آب مقطر تولیدی (TDS) نزدیک به صفر است.
- براساس نمونه پایلوتی که بر روی آب چاه‌های کهورستان در محل بندر خمیر انجام گرفت، از نظر هزینه استفاده از غشاء نانو در چاه‌ها نسبت به طرح انتقال آب از ایستگاه پمپاژ کشتی رانی (ایستگاه انتقال

آب به جزیره قشم) قابل مقایسه می‌باشد. همچنین بنا به یافته‌های تحقیق از نظر فنی و اقتصادی نانو فیلتراسیون برای تأمین آب بندر خمیر مناسب‌تر از اسمز معکوس ارزیابی شده است.

- استفاده از نانو فیلتراسیون در تصفیه آب ۴ حلقه از چاه‌های استان تهران نشان داد که مصرف انرژی ویژه براساس تحلیل‌های انجام شده کمتر از سایر روش‌ها می‌باشد. در جدول (۳) مقدار مصرف انرژی ویژه حاصل از بررسی‌های نرم‌افزاری ۴ حلقه از چاه‌های تهران ارائه شده است. از دیگر نتایج بدست آمده از این تحقیق محدودیت کمتر استفاده از پساب خروجی غشاء نانو جهت مصارف غیر شرب شهری نسبت به روش اسمز معکوس می‌باشد.

بنابراین با توجه به سادگی روش غشائی و عدم تولید مواد شیمیایی جنبی، امروزه این فرایند بتدریج جای بیشتری برای خود باز نموده و در آینده که به احتمال زیاد روش‌های متعارف برای تصفیه آب و حذف مواد آلاینده شیمیایی کفایت نخواهد داشت، بخش نهائی فرایند تصفیه را تشکیل خواهند داد و همچنین استفاده از روش نانو فیلتراسیون از بین انواع صافی‌های غشائی بدلیل مصرف انرژی پایین‌تر و محدودیت‌های کیفی کمتر پیشنهاد می‌گردد. در جدول (۴) میزان انرژی مصرفی و حرارتی روش‌های دیگر نمک‌زدایی ارائه شده است.

##### ۱۰- نتیجه‌گیری

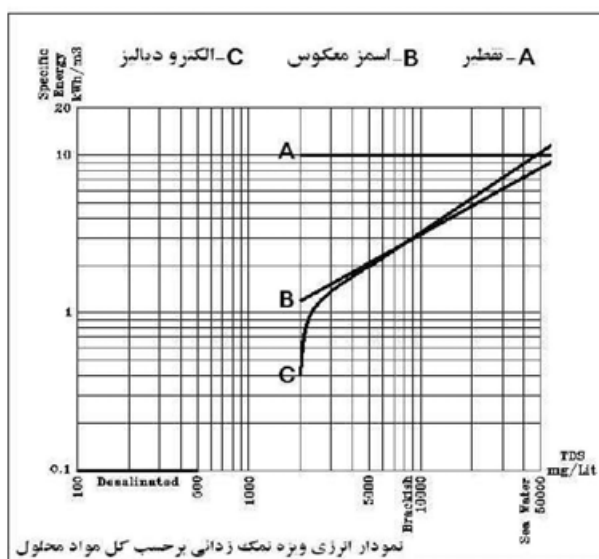
نتایج حاصل از تحقیق عبارتند از:

- ۱- پمپ‌ها در تمام روش‌های تصفیه شیمیایی آب از تجهیزات انرژی بر محسوب می‌گردند.
- ۲- به جز روش تقطیر که تغییرات میزان املاح محلول آب ورودی در مصرف انرژی به ازاء هر متر مکعب تولید تأثیری ندارد، در سایر روش‌ها تغییرات میزان مصرف انرژی به ازاء هر متر مکعب تولید تقریباً با میزان املاح محلول آب ورودی تناسب مستقیم دارد. بنابراین در غلظت‌های بالا نظیر آب دریا روش تقطیر مناسب‌تر از سایر روش‌ها می‌باشد.
- ۳- استفاده از روش‌های صافی غشائی با توجه به مصرف انرژی پایین، سادگی و عدم تولید مواد شیمیایی جنبی نسبت به سایر روش‌ها در اولویت قرار دارد. همچنین در کلیه طرح‌های انتقال آب بدلیل محدودیت‌های کیفی، استفاده از روش‌های صافی غشائی (نانوفیلتراسیون و اسمز معکوس) می‌بایست بعنوان گزینه، مورد تجزیه و تحلیل و ارزیابی اقتصادی قرار گیرند.
- ۴- روش نانو فیلتراسیون نسبت به سایر روش‌های صافی غشائی مصرف انرژی پایین‌تر و محدودیت‌های کیفی کمتری دارد.

##### مراجع

- [۱] شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور با مشاوره شرکت مهندسی قدس نیرو؛ "مطالعات راهبردی انرژی در بخش آب و فاضلاب"، آبان ماه ۱۳۸۸.
- [۲] شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور؛ "دستورالعمل تکمیل و شرح ارقام فرم شماره ۲۱"، مهر ماه ۱۳۸۳.
- [۳] شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور؛ "طرح بررسی استفاده از فناوری نانو فیلتراسیون در تصفیه آب"،





نمودار (۲): انرژی ویژه نمک‌زدایی برحسب کل مواد محلول

جدول (۳): مقدار مصرف انرژی حاصل از بررسی‌های نرم‌افزاری استفاده از نانو فیلتراسیون در ۴ حلقه از چاه‌های تهران

نام چاه	مصرف انرژی ویژه
دور غوز آباد	۰/۲۶
قمصر	۰/۳۱
اسد آباد	۰/۷۹
چاه شماره ۴۰۶ تهران	۰/۲۷

جدول (۴): مقایسه انرژی مورد نیاز روش‌های نمک‌زدایی به کیلووات ساعت در مترمکعب

ردیف	روش نمک زدایی		MSF	MEB	RO	صافی غشایی NF	صافی غشایی BW
	انرژی و سوخت						
۱	انرژی		۴ تا ۶	۲ تا ۵	۵ تا ۷	۰/۲۶ تا ۰/۷۹	۰/۳۳ تا ۱/۲
۲	سوخت		۸ تا ۱۸	۲/۵ تا ۱۰	-	-	-
۳	جمع انرژی مورد نیاز		۱۲ تا ۲۴	۴/۵ تا ۱۲/۵	۵ تا ۷	۰/۲۶ تا ۰/۷۹	۰/۳۳ تا ۱/۲

خانم سیستانا محمد قاسمی دارای کارشناسی ارشد ژئوفیزیک و ۱۱ سال سابقه کار می‌باشد. ایشان در حال حاضر در شرکت مهندسی آب و فاضلاب کشور در حال فعالیت می‌باشند. زمینه علاقمندی و فعالیت خانم محمد قاسمی مدیریت مصرف انرژی بخش آب و فاضلاب، انرژی‌های نو و ژئوفیزیک می‌باشد.

Email: [si\\_mghasemi@yahoo.com](mailto:si_mghasemi@yahoo.com)

آقای رامین نیکنام دارای کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی و ۵ سال سابقه کار می‌باشد که ۴ سال آن در قدس نیرو است. زمینه علاقمندی و فعالیت آقای نیکنام مدیریت مصرف انرژی، شبکه‌های آبیاری و زهکشی، استفاده از پساب، بررسی سفره آب زیرزمینی از نظر آلودگی و مدیریت منابع آب می‌باشد.

Email: [ramin.niknam@gmail.com](mailto:ramin.niknam@gmail.com)



# الگوی مصرف آب در شرکت های آبیاری روستایی و بهره برداری و نگهداری از شبکه های آبرسانی و توزیع

میرداود حسینی میلانی

مدیریت SBU آب

واژه‌های کلیدی: الگوی مصرف، بهره‌وری، بهره‌برداری و نگهداری، اشتغال - توسعه

## چکیده

بررسی‌های انجام شده بر روی دیدگاه‌های مجامع بین‌المللی و سازمان‌های جهانی آب در ارتباط با آب و توسعه نشان می‌دهد، که الگوی مصرف برای جامعه روستایی متفاوت با جامعه شهری است. فرد روستایی با استفاده معقول از آب می‌تواند به نوعی علاوه بر تأمین بهداشت برای اشتغال خود نیز که اغلب استفاده از صنایع دستی و یا داشتن یک باغچه کوچک و یک یا دو دام بزرگ، و دو سه دام کوچک است زندگی را تأمین نموده و ضمن ماندن در روستا به عنوان یک تولیدکننده کوچک عمل نموده و نقش خود را در توسعه کشور ایفا نماید. محاسبه انجام شده توسط سازمان‌های جهانی آب نشان می‌دهد که یک دلار هزینه در روستاها شش دلار بازده دارد و لذا در صورتی که الگوی مصرف روستایی متفاوت با شهری و براساس طبیعت زندگی در روستاها مشخص شود توسعه کشور را به دنبال خواهد داشت.

در برنامه چهارم توسعه برای ایجاد هر فرصت شغلی در کشور پیش‌بینی سرمایه‌گذاری حدود ۳۰۰ میلیون ریال شده است که اهمیت تأمین آب روستاییان که با سرمایه‌گذاری سرانه بسیار پائین‌تر از این مبلغ صورت می‌پذیرد کاملاً توجیه‌پذیر می‌نماید. در اغلب روستاها سرمایه‌گذاری برای تأمین آب روستایی صورت گرفته و لیکن هزینه بهره‌برداری و نگهداری از شبکه‌ها در کشور موکول به دریافت آب بها از روستاییان شده است. عدم نگهداری از شبکه‌های لوله‌کشی روستایی موجبات عدم بهره‌برداری صحیح را فراهم نموده به نحوی که در بسیاری موارد به لحاظ مشکلات مالی حتی توان مرمت و اصلاح و بازسازی شبکه‌های روستایی از شرکت‌های آبیاری روستایی سلب و بالاجبار بایستی شاهد تلفات سنگین آب که علاوه بر ضرر و زیان‌های مادی شرایط عدم‌النتفع استفاده از آب تأمین‌شده را نیز به همراه دارد باشیم.

برای رفع مشکلات شرکت‌های آبیاری روستایی لازم است سرمایه‌گذاری کافی برای بازسازی و نوسازی شبکه‌های آب روستا صورت گرفته و برای جمع‌آوری آب‌بهای مصرفی که در حال حاضر با حضور آبداران در زیر مجموعه شرکت‌های آبیاری روستایی در حد مناسب و قابل قبول انجام نمی‌پذیرد با تشکیل شرکت‌های تعاونی و یا واگذاری بخش تصدیگری به شوراهای اسلامی روستا وضع درآمد این شرکت‌ها نسبت به گذشته بهبود یابد.

## ۱- مقدمه

گرفته و سپس در خصوص اصلی‌ترین مشکل روستاییان که تأمین منابع مالی و افزایش درآمد و کاهش هزینه‌ها است بحث شده و به مشکل بعدی که مدیریتی - سازماندهی است پرداخته و مسائل اصلی در این رابطه مطرح و در پایان مشکلات آبداران و نحوه بررسی و حل موضوع بحث شده و پیشنهادات مربوط به تشکیل شرکت‌های تعاونی آبداران و واگذاری این بخش از شرکت‌های آبیاری روستایی به شوراهای اسلامی روستا مورد بررسی قرار می‌گیرد.

در این مقاله در ابتدا دیدگاه‌های سازمان‌های بین‌المللی و سازمان جهانی آب در مورد الگوی مصرف آب در روستاها که علاوه بر تأمین سلامتی و بهداشت برای روستاییان تأثیر عمده در اشتغال روستاییان داشته و هشت مورد اثراتی که آب در روستاها دارد مورد بحث قرار می‌گیرد و سپس نظرخواهی انجام شده از ۲۵ شرکت آبیاری روستایی درباره مسائل و مشکلات و چالش‌های آنان مورد بررسی قرار



## ۲- دیدگاه‌های مجامع بین‌المللی و سازمان‌های

### جهانی آب از الگوی مصرف روستایی

اهداف ۸ گانه رشد و توسعه هزاره<sup>۱</sup> در حقیقت تعهد و همکاری کشورهای و جامعه جهانی است برای رشد و توسعه در این کشورها و جوامع و بخصوص کاهش فقر در مناطق روستایی.

این اهداف همه بیانگر آن است که تا سال ۲۰۱۵ اکثریت جمعیت دنیا دستیابی به آب آشامیدنی بهداشتی بطور مستمر داشته باشند و بدون موفقیت در مورد آب، دستیابی به سایر اهداف میسر نخواهد بود. اهداف ۸ گانه را می‌توان بشرح ذیل خلاصه نمود:

۱- کاهش دادن و از بین بردن فقر و گرسنگی با ایجاد

اشتغال در روستاها

۲- دستیابی به تحصیلات همگانی

۳- برابری امتیازات برای همه

۴- از بین بردن ضایعات تولیدی

۵- بالابردن بهداشت دوران بارداری

۶- از بین بردن امراض مختلف

۷- بهبود وضعیت محیط‌زیست

۸- مشارکت بین‌المللی برای توسعه و رشد

در سال‌های گذشته کشورهای آسیا پیشرفت‌های زیادی در مورد اهداف فوق نموده و راهکارهای متعددی را برای مقابله با این چالش‌ها تدوین و اجرا نمودند. برخی از این راهکارها عبارتند از: سیاست‌های اقتصادی پیشرفته و شفاف، استراتژی‌های توسعه و رشد و بخصوص تمرکز نمودن بر شرایط و عوامل فقر که باعث گرسنگی و ایجاد انواع بیماری‌ها است. تأمین آب و بهبود بهداشت ثابت نموده است که عامل اصلی برای فقرزدایی و کاهش بیماری‌ها بوده و به همین علت است که سرمایه‌گذاری در تأمین آب بهداشتی صرفاً به منظور تأمین آب نبوده و نقش بسیار حیاتی در از بین بردن فقر و گرسنگی و بیماری‌ها ایفا می‌کند.

### ۳- منافع حاصله از تأمین و عرضه آب بهداشتی

عرضه آب سالم و بهداشتی در ابعاد وسیعی در بهبود بهداشت و سلامتی مردم تأثیرگذار بوده و موجب صرفه‌جویی در وقت آنها شده که می‌توانند با وقت اضافی به مطالعه و یا کار بیشتری پرداخته و در نتیجه درآمد بیشتری را کسب و صرف تغذیه و بهداشت بهتر و در نتیجه زندگی مرفه و سلامتی خود نمایند.

سرمایه‌گذاری در صنعت آب برگشت چندین برابری داشته و ثابت شده است که با هریک دلار سرمایه‌گذاری برگشت

آن ۶ برابر و معادل ۶ دلار است. بنابراین سرمایه‌گذاری در صنعت آب فقط نتایج بهداشتی نداشته و منافع بسیار زیاد دیگری را نیز شامل می‌شود، مانند:

- افزایش محصولات خانگی و درآمد با ایجاد تسهیلات شغلی.

- افزایش تحصیلات برای تمام مردم با بهداشت بهتر و وقت اضافی که منجر به نتایج اقتصادی برای آن جامعه و مردم می‌شود.

بر اساس بررسی سازمان NGO WATER AID و بانک توسعه آسیا (ADB) در کشورهای مختلف و در پروژه‌های تأمین آب بهداشتی منافع متعددی در هر یک از کشورها و با ابعاد گسترده‌ای در تمام سطوح زندگی آن‌ها ایجاد شده است که می‌توان صرفه‌جویی در وقت، نتایج بهداشتی و سلامتی، ایجاد فرصت‌های شغلی و تأمین مالی را از آن جمله دانست.

### ۴- مسائل، چالش‌ها و مشکلات اساسی شرکت‌های

#### آبفای روستایی

به منظور اطلاع از اصلی‌ترین مسائل و چالش‌های موجود شرکت‌های آبفای روستایی نظرسنجی انجام شده از ۲۵ شرکت به شرح ذیل بوده است:

مسائل، چالش‌ها و مشکلات اساسی و کلان توسط شرکت‌ها به ترتیب در ۶ اولویت برای هر شرکت بیان شده است. نظر به آنکه هر یک از شرکت‌ها در تعیین اولویت‌های شش‌گانه به موضوعات مختلفی اشاره داشته‌اند، سعی شده است پاسخ‌ها در قالب ۷ محور دسته‌بندی گردند:

- مستندات و قوانین: شامل نیازهای مرتبط با تصویب و ابلاغ قوانین، مصوبات و دستورالعمل‌ها می‌باشد. پیشنهادهایی از جمله عدم وجود قانون مدون درخصوص موضوعاتی از قبیل روستاهای تحت پوشش، حریم تأسیسات، برون‌سپاری‌ها و... در این طبقه قرار می‌گیرند.

- شرایط اجتماعی: موضوعاتی از قبیل مهاجرت روستاییان به شهرها، ارتقاء دانش و آگاهی‌های مردم و افزایش حساسیت‌های آنان، تنش‌های اجتماعی و دعاوی حقوقی در این دسته واقع می‌شوند.

- نیروی انسانی: مجموعه موضوعات مرتبط با نیروی انسانی اعم از کمبود نیروی انسانی متخصص، بهره‌وری پایین نیروی انسانی، عدم انگیزه‌های کافی نیروی انسانی در این گروه قرار می‌گیرند.



- ساختاری- مدیریتی: عدم چارت تشکیلاتی مناسب، ضرورت وجود برنامه و همچنین نرم افزارهای بهره برداری، عدم پوشش تمامی روستاها، مجتمع نبودن خدمات حوزه وظیفه، فقدان سیستم نظارتی، موضوعات مرتبط با پژوهش و تحقیقات و موضوعات مشابه در این دسته قرار می گیرند.

- شرایط اقلیمی: مجموعه شرایطی که ناشی از موقعیت و ویژگی های اقلیمی حوزه روستاهای تحت پوشش ایجاد می نمایند. این شرایط اعم از خشکسالی و کاهش سطح سفره آلودگی منابع آبی، افت کیفیت آب، وجود نقاط صعب العبور و... می باشند.

- توسعه، بازسازی و تعمیر و نگهداری تأسیسات: تمامی موضوعات مرتبط با توسعه و بازسازی و تعمیر و نگهداری تأسیسات و شبکه از جمله عمر بالای شبکه، پراکندگی تأسیسات، فرسودگی تأسیسات، عمر بالای شبکه، مطالعه، طراحی و اجرای پروژه های مرتبط و... در این دسته واقع می گردند.

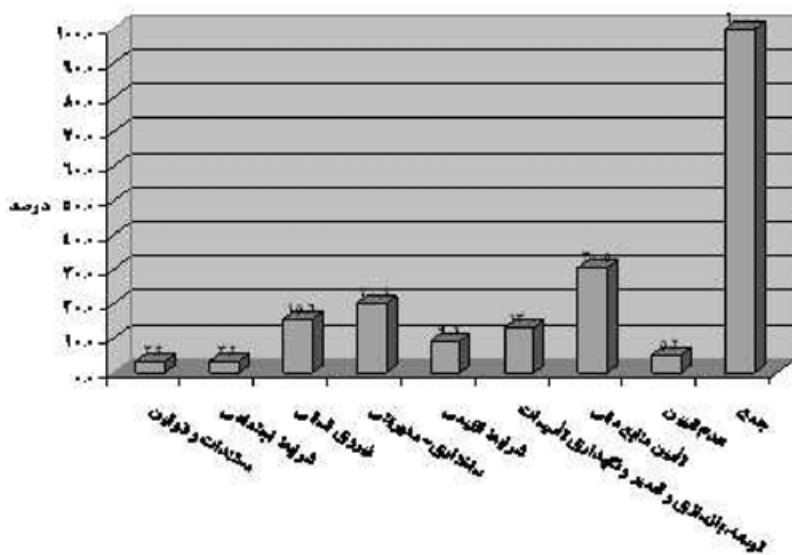
- تأمین منابع مالی: تمامی موضوعات مرتبط با تأمین منابع مالی از جمله عدم تناسب درآمدها و هزینه ها، عدم اعتبارات کافی، عدم اصلاح تعرفه، عدم پرداخت کمک زیان و... در این گروه قرار می گیرند.

محورهای تأمین منابع مالی، ساختاری- مدیریتی، نیروی انسانی و توسعه، بازسازی و تعمیر و نگهداری تأسیسات به ترتیب با ۳۰/۵ درصد، ۲۰/۱ درصد، ۱۵/۶ درصد و ۱۳ درصد اولویتهای اصلی شرکتها به عنوان مسائل،

مشکلات و چالش های در پیش روی مطرح شده اند. نظر به آنکه معمولاً درصد بالایی از منابع مالی در شرکتها صرف اجرای طرحها و پروژه های توسعه، بازسازی و تعمیر و نگهداری می شود شاید بتوان گفت تأمین منابع مالی به جهت توسعه، بازسازی و تعمیر و نگهداری تأسیسات بزرگترین چالش شرکتها بوده و بعد از آن محورهای ساختاری- مدیریتی و نیروی انسانی قرار می گیرند.

#### ۵- مسائل ساختاری- مدیریتی

نتایج حاصل از نظرسنجی (نمودار ۱) نشان می دهد که پس از مسائل مالی که عمده مشکل شرکت های آبفای روستایی است مشکلات ساختاری- مدیریتی در درجه دوم قرار دارد مسائل و چالش هایی که مورد توجه شرکت های آبفای روستایی در این موضوع قرار گرفته عبارتند از: عدم چارت تشکیلاتی مصوب که تاکنون به نتیجه نرسیده است، ضرورت وجود برنامه به خصوص برای بازسازی و نوسازی آبرسانی و شبکه موجود که در برنامه پنجساله چهارم برای شرکت های آبفای شهری پیش بینی ولیکن شرکت های آبفای روستایی چنین برنامه تدوین شده ای که اعتبارات آن تأمین شده باشد ندارند و همچنین دیگر موارد اظهار نظر شده مسائل ساختاری و مدیریتی عبارتست از ضرورت استفاده از نرم افزارهای بهره وری و بهره برداری و نگهداری، عدم پوشش تمام روستاها در حوزه مأموریت شرکتها، مجتمع نبودن خدمات حوزه وظیفه، فقدان سیستم نظارتی، موضوعات مرتبط با پژوهش و تحقیقات.



نمودار (۱): مسائل، چالشها و مشکلات اساسی

برای بررسی مسائل ساختاری- مدیریتی در بدو امر به دنبال جایگاه مناسب شرکت‌های آبفای روستایی هستیم که با نظرخواهی انجام شده از ۲۵ شرکت نتیجه به دست آمده نشان از این دارد که ۵۷ درصد شرکت‌ها جایگاه شرکت‌های آبفائی روستایی را در حالت فعلی مناسب دانسته و حدود ۲۷ درصد ادغام در شرکت‌های آبفای شهری را پیشنهاد نموده‌اند و ۴ درصد به صورت بنگاه‌های مستقل و صفر درصد وابسته شدن به استانداری‌ها و تحویل این شرکت‌ها به وزارت کشور (نمودار ۲).

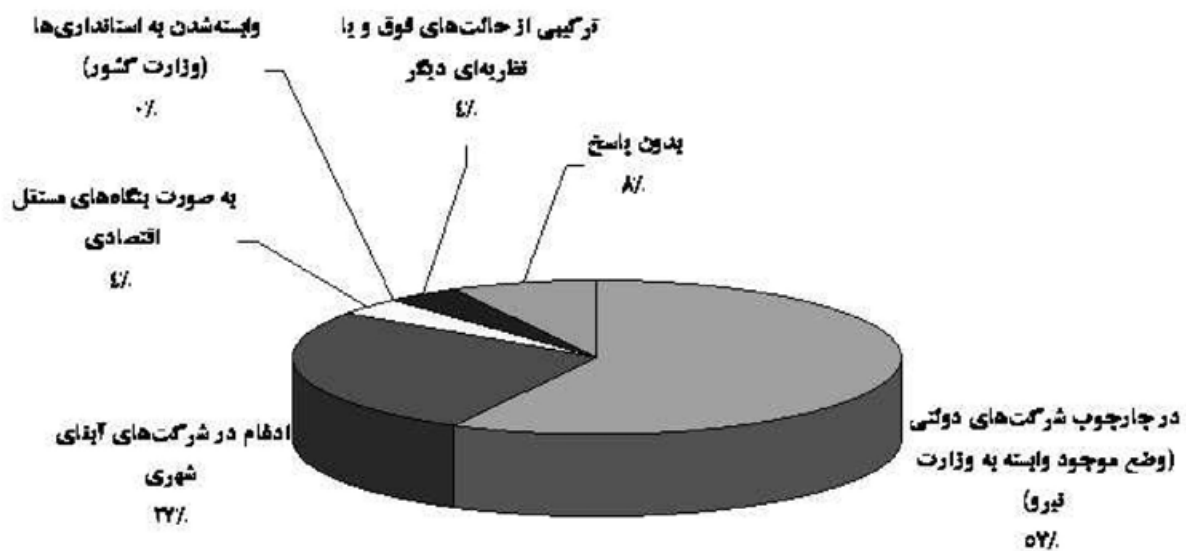
آنچه مسلم است شرکت‌های آبفای روستایی در موقعیت و جایگاه فعلی با داشتن اساسنامه مترقی و جوابگو توان انجام فعالیت‌های مورد انتظار را دارند و فقط بایستی هرچه زودتر تکلیف تأمین منابع مالی مناسب و واگذاری بخشی از تصدیگری این شرکت‌ها که نقش اصلی آن به عهده آبدارها است مشخص گردد.

#### ۶- بررسی تأمین منابع مالی، افزایش درآمدها و

##### کاهش هزینه‌ها

- نظرخواهی انجام شده از شرکت‌های مبنی بر اینکه برای کسب اعتبارات بیشتر از دولت وازدیاد درآمدها و کاهش هزینه‌های شرکت چه عواملی بایستی مورد توجه قرار دارد؛ شرکت‌های آبفای روستایی در قالب ۱۱ محور اصلی به شرح زیر اظهارنظر نموده‌اند.
- ارتقاء بهره‌وری و استفاده از تکنولوژی‌های برتر: شامل هرگونه کاهش تلفات با انجام بازسازی و نوسازی در

- شبکه، شناسایی انشعابات غیرمجاز، استفاده از مواد و تجهیزات با کیفیت و همچنین سیستم‌های نوین و استاندارد، افزایش راندمان (پمپ‌ها و ایستگاه‌های پمپاژ).
- اصلاح الگو و فرهنگ مصرف: حذف معافیت‌های مصرف، کاهش کف رایگان مصرف، دریافت آبونمان از مشترکین در بازه رایگان، ارتقاء فرهنگ مصرف.
- رضایت‌مندی مشترکین: شامل تعیین راهکارهای ارائه خدمات بیشتر، افزایش مشترکین تحت پوشش، افزایش کیفیت خدمات، ...
- توجه به طرح‌ها و پروژه‌ها: شامل اجرای پروژه‌ها، نوسازی و توسعه تأسیسات، ایجاد مجتمع‌های آب‌رسانی روستایی، بومی‌سازی اجرای طرح‌ها، توجه به پروژه‌های نیمه‌تمام، توجه به پروژه‌های زودبازده، انجام مطالعات فاز صفر طرح‌ها، ...
- توجه به راهکارهای تأمین منابع مالی: شامل وصول مطالبات، نظام‌دهی جدید برای آبداران، برقراری ارتباط با مسئولین بالاتر و آشناسازی آنها با مسائل و مشکلات شرکت، ارتباط با نمایندگان مجلس، توجه به راهکارهای جذب اعتبارات، استفاده از LC ریالی، شناسایی منابع درآمدی و جذب اعتبارات بیشتر، انضباط مالی، شناسایی روش‌های کاهش هزینه‌ها، اولویت‌بندی پرداخت‌ها، موظف‌کردن واحدهای دولتی به پرداخت آب‌بها، ...
- جبران یارانه آب‌بها: شامل دریافت کمک زیان، تأمین قیمت تمام‌شده، در نظر گرفتن مابه‌التفاوت آب‌بها در قالب یارانه.



نمودار (۲): جایگاه شرکت‌های آب و فاضلاب روستایی



## ۷- واگذاری بخشی از تصدیگری (وظایف و تکالیف

### آبدارها)

آبدارها که قسمت اعظم کارهای اجرایی مربوط به تعمیرات و نگهداری شبکه را در حد لوله‌های به قطر پایین و همین طور نصب انشعابات جدید و تعمیر اتفاقات را به عهده دارند، به جرأت می‌توان گفت در نبود استفاده از سیستم‌های پیشرفته اطلاع رسانی و عدم کنترل و مانیتورینگ شبکه و شرایط مربوط به میزان حقوق و مزایا و موضوع بیمه و بازنشستگی و مدت حضور و نحوه انجام کار، آبدارها نقش تعیین‌کننده‌ای در عدم بهره‌وری در امور بهره‌برداری و نگهداری شرکت‌های آبیاری روستایی ایفا می‌کنند که برای رسیدن به بهره‌وری مناسب نیاز به تغییر وضع آبدارها خواهد بود.

در حال حاضر برخی شرکت‌ها به آنان حقوق معینی پرداخت می‌کنند. در برخی شرکت‌ها به صورت قراردادی و براساس کار انجام گرفته طبق یک فهرست بها به آنان پرداخت می‌شود و در تعدادی محدود از شرکت‌ها با تشکیل تعاونی برای آنان با استفاده از قراردادی که منعقد می‌شود به صورت تعاونی مشغول انجام وظیفه هستند.

به منظور بررسی لازم و اطلاع از نظرات مدیریت آبیاری روستایی با مدیران رده بالا و سطح میانی شرکت آبیاری خراسان رضوی به عنوان پایلوت در فعالیت‌های مختلف مصاحبه و نظرخواهی شد. تجربه واگذاری به تعاونی‌های مختلف (هر شهرستان یک تعاونی) به شرط داشتن قرارداد شفاف و قابل پیگیری برای شرح وظایف هر دو طرف و اعمال نظارت لازم از طرف شرکت آبیاری روستایی نسبتاً موفق و قابل الگوبرداری است. اقدام دیگری که برای حل مشکل آبداران ضروری به نظر می‌رسد واگذاری وظایف آنان به شوراهای اسلامی روستایی است.

در حال حاضر با تشکیل شورای اسلامی روستاها و شرح وظایف تدوین شده برای این شوراهای دهیاری‌ها مذاکراتی به طور مستقیم و غیر مستقیم برای انتقال وظایف آبداران به شوراهای توسط وزارت کشور صورت گرفته است. ولیکن از آنجا که همیشه مشکلات بهره‌برداری و نگهداری از شبکه آب روستاها با امکانات بسیار کم و غیر مکفی جاذبه مدیریت بر آنها سلب نموده است. لذا هیچوقت بطور جدی ارگان و نهادهای برای تحقق این امر وارد مذاکرات قطعی نشده است.

مناسب‌ترین شکل، واگذاری بخشی از وظایف تصدیگری در قالب وظایف و تکالیف آبداران به شورای اسلامی روستاها است. در واقع وظایف حاکمیتی برنامه‌ریزی، سیاست‌گذاری و نظارت کماکان بعهد شرکت‌های آبیاری روستایی بوده و

وظایف تصدیگری در بهره‌برداری و نگهداری از انشعابات و شبکه توزیع به عهده شورای اسلامی روستاها خواهد بود.

پیشنهاد می‌شود قبل از اقدام گسترده برای تحویل وظایف آبداران به شوراهای اسلامی روستا در درجه اول به صورت پایلوت در یک یا چند نقطه کشور که آمادگی بیشتر دارند این کار صورت گرفته و پس از بررسی مشکلات و نحوه حل آنها با آسیب شناسی که باید انجام گیرد به مناطق دیگر تعمیم داده شود. با توجه به نارسایی‌های موجود و ناپایدار بودن وضع فعلی آبداران بر انتخاب پایلوت و اقدام فوری روی آن تأکید می‌گردد.

### ۸- نتیجه‌گیری

الگوی مصرف آب آشامیدنی در روستاها می‌تواند متفاوت با شهر باشد. روستایی وقتی از آب با اهداف مختلف استفاده می‌نماید. به این معناست که علاوه بر تأمین سلامتی و رفاه خود در صورت امکان برای فراهم آوردن وسایل اشتغال در محل سکونت خود اقدام نموده و با این ترتیب تبدیل به یک تولیدکننده کوچک محلی می‌شود که عدم مهاجرت به شهرها و جلوگیری از صرف هزینه‌ها و سرمایه‌گذاری‌هایی که در شهرها بایستی به طور معمول برای پذیرش مهاجران از روستا صرف شود، صرفه و صلاح کشور را بدنبال داشته و موجب تعادل جمعیتی بین شهر و روستا شده و اهداف آمایش سرزمین را قابل تحقق می‌سازد.

مشکل اساسی آب روستایی تفاوت قابل توجه بین آب تأمین شده و آب مصرفی است. علت هدررفت بالای ۳۰ درصد مستهلک شدن بخشی از شبکه‌های آبرسانی و توزیع روستاها است که نیاز به بازسازی و نوسازی دارد. از طرف دیگر بعلا انتظار دستگاه برنامه‌ریزی و بودجه کشور برای تأمین اعتبار انجام تعمیرات نگهداری و بهره‌برداری از محل آب‌بهاء دریافتی و عدم تحقق درآمد با نرخ پایین و خارج از عرف موجود بالتبع امکان چنین فعالیتی که بتواند شبکه‌های موجود را اصلاح و بازسازی نموده و تلفات شبکه را به حد طبیعی و عادی برساند وجود ندارد در نظرخواهی انجام شده از شرکت‌های آبیاری روستایی مهم‌ترین چالشی که با آن روبرو هستند امور مالی برای اصلاح شبکه‌های آبرسانی و توزیع روستاها اعلام شده و در مرحله دوم چالش ساختاری- مدیریتی مطرح گردیده است.

از بررسی مقاله نتیجه می‌گیریم که:

۱- بازسازی و نوسازی آب روستاها بایستی طبق برنامه مشخص در برنامه پنجساله کشور منظور و با اعتبارات پیش‌بینی شده مورد اقدام قرار گیرد.

است. علاقمندی آقای میلانی به کارهای مدیریت و برنامه‌ریزی استراتژیک و همچنین بخش آب کشور می‌باشد.

**Email:**  
Mmilani @ ghods-niroo.com

۲- متفاوت بودن الگوی مصرف آب روستا با شهر با هدف رسیدن، توسعه متعادل در کشور منطقی بوده و بایستی قیمت آب را تا میزان توان پرداخت روستاییان تغییر داد.

۳- آبداران در امر تعمیرات شبکه و انشعابات، کلرزی، کنتورخوانی و توزیع برگ تشخیص و پی‌گیری برای وصول مطالبات نقش مهمی را بازی می‌کنند و با وضع نامناسب حقوقی فعلی انتظاری از آنها برای انجام وظایف در حد مطلوب نمی‌باشد. مناسب‌ترین کار واگذاری وظایف تصدیگری در یک یا چند روستا در مناطق مختلف کشور به شوراهای اسلامی روستایی و انجام نظارت در نقش حاکمیتی توسط شرکت‌های آبفای روستایی خواهد بود. پس از انجام این کار به صورت پایلوت و آسیب‌شناسی لازم می‌توان در سطح کشور تصمیم لازم را اتخاذ کرد.

### مراجع

- [1] Development Bank (ADB)
- [2] United Nation Development Program (UNDP)
- [3] United Nation ESCAP( UNESCAPE)
- [4] World Health organization (WHO)

آقای میرداود حسینی میلانی در سال ۱۳۴۳ از دانشگاه تهران در رشته مهندسی کشاورزی با درجه کارشناسی ارشد فارغ التحصیل شده است. سابقه کارهای اجرایی و مدیریتی آقای میلانی به مدت ۲۲ سال در وزارت نیرو با عنوان مدیرعامل و رئیس هیأت مدیره سازمان آب منطقه‌ای آذربایجان و سازمان آب منطقه‌ای خراسان، مدیرکل دفتر فنی و مدیر واحد آب همدان و رئیس سد اکباتان وابسته به سازمان آب منطقه‌ای تهران، ۶ سال مدیرعامل شرکت کشت و صنعت کارون، رئیس هیأت مدیره شرکت ایران چابهار در منطقه آزاد چابهار و مدیرعامل شرکت آریا پنگان برای تولید آب بطری وابسته به شرکت سرمایه‌گذاری تأمین اجتماعی (شستا) و همچنین ۱۷ سال سابقه کار در امور برنامه‌ریزی و مدیریت بعنوان مشاور وزیر و مدیرکل دفتر برنامه‌ریزی تلفیقی وزارت نیرو، مدیرکل امور آب سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی کشور و دبیر آب و کشاورزی برنامه‌های اول، دوم و نماینده وزارت نیرو در برنامه‌های سوم و چهارم توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور می‌باشد. آقای میلانی از سال ۱۳۸۷ در شرکت مهندسی قدس‌نیرو، بعنوان مدیر ارشد مهندسی سازه‌های آبی و سپس به عنوان مدیر SBU آب مشغول بکار



# حفاظت الکتریکی نیروگاه گازی

## کاوس قصبه

سرپرست گروه تخصصی برق - SBU نیروگاه

### چکیده

نیروگاههای گازی با توربین نوع V94.2 سالهاست که در ایران ساخته و نصب می‌شوند. با تجربه زیادی که طی این مدت کسب شده، سیستم‌های این نیروگاه مراحل تکامل را طی نموده و عملاً بصورت استاندارد درآمده‌اند. حفاظت الکتریکی از جمله این سیستم‌هاست که در این مقاله مورد بررسی قرار گرفته و به هر دو جنبه آن یعنی تأمین حفاظت از خطا و تأمین هماهنگی حفاظتی<sup>۱</sup> پرداخته خواهد شد.

### ۱- مقدمه

مدار تک‌خطی ساده شده برای دو واحد نیروگاهی و بدون سیستم DC و UPS در شکل (۱) رسم شده‌است. انرژی الکتریکی ژنراتور (G) از طریق ترانسفورمر اصلی (T1) به شبکه منتقل گردیده و از طریق ترانسفورمر واحد (T2) مصارف داخلی نیروگاه را تأمین می‌کند. مصارف داخلی توسط دو باس 6.6KV تغذیه می‌شوند که باس B1 مربوط به توربین و ژنراتور یک واحد و باس B2 مربوط به مصارف مشترک واحدهاست. مصارف ولتاژ کم برای بخش مشترک توسط ترانسفورمر کمکی T3 و برای بخش واحد توسط T4 تأمین می‌گردد. حفاظت‌های منظور شده برای ژنراتور و ترانسفورمرهای اصلی و واحد براساس استانداردهای معتبر انتخاب گردیده و کمبودی در آنها مشاهده نمی‌گردد. برخی تفاوت‌ها در حفاظت بخش‌های ولتاژ متوسط و کم در نیروگاه‌های مختلف مشاهده می‌شود که عمدتاً مربوط به جنبه هماهنگی حفاظتی می‌باشد. در این مقاله ابتدا نحوه عملکرد حفاظت‌های عمده بخش ولتاژ متوسط و کم بررسی گردیده و سپس به کاربرد آنها خصوصاً از جنبه وجود هماهنگی حفاظتی پرداخته می‌شود.

### ۲-۱- رله جریان زیاد<sup>۲</sup>

رله جریان زیاد با کد 50/51، رله‌های جریانی برای حفاظت از اتصالی بین فازها می‌باشند که از مجموعه دو المان 50 و 51 تشکیل شده‌است. رله 50 دارای مشخصه آنی<sup>۴</sup> است، بدین معنا که بازاا جریان تنظیم  $I_{set}$  در زمان مشخص  $t_p$  (که مستقل از جریان است) فوراً عمل می‌کند. این مشخصه می‌تواند طبق شکل (۲) دارای چند مرحله قابل تنظیم جهت ایجاد هماهنگی حفاظتی باشد. رله 51 دارای مشخصه معکوس<sup>۵</sup> است و هرچه جریان بیشتر باشد سریعتر عمل می‌کند. مشخصه این رله می‌تواند بسته به شیب منحنی از نوع Standard Inverse، Very Inverse، Extremely Inverse باشند. نحوه استفاده از رله 50/51 در شکل (۳) رسم شده‌است که در آن برای هر فاز یک رله از طریق ترانسفورمر جریان تغذیه می‌شود.

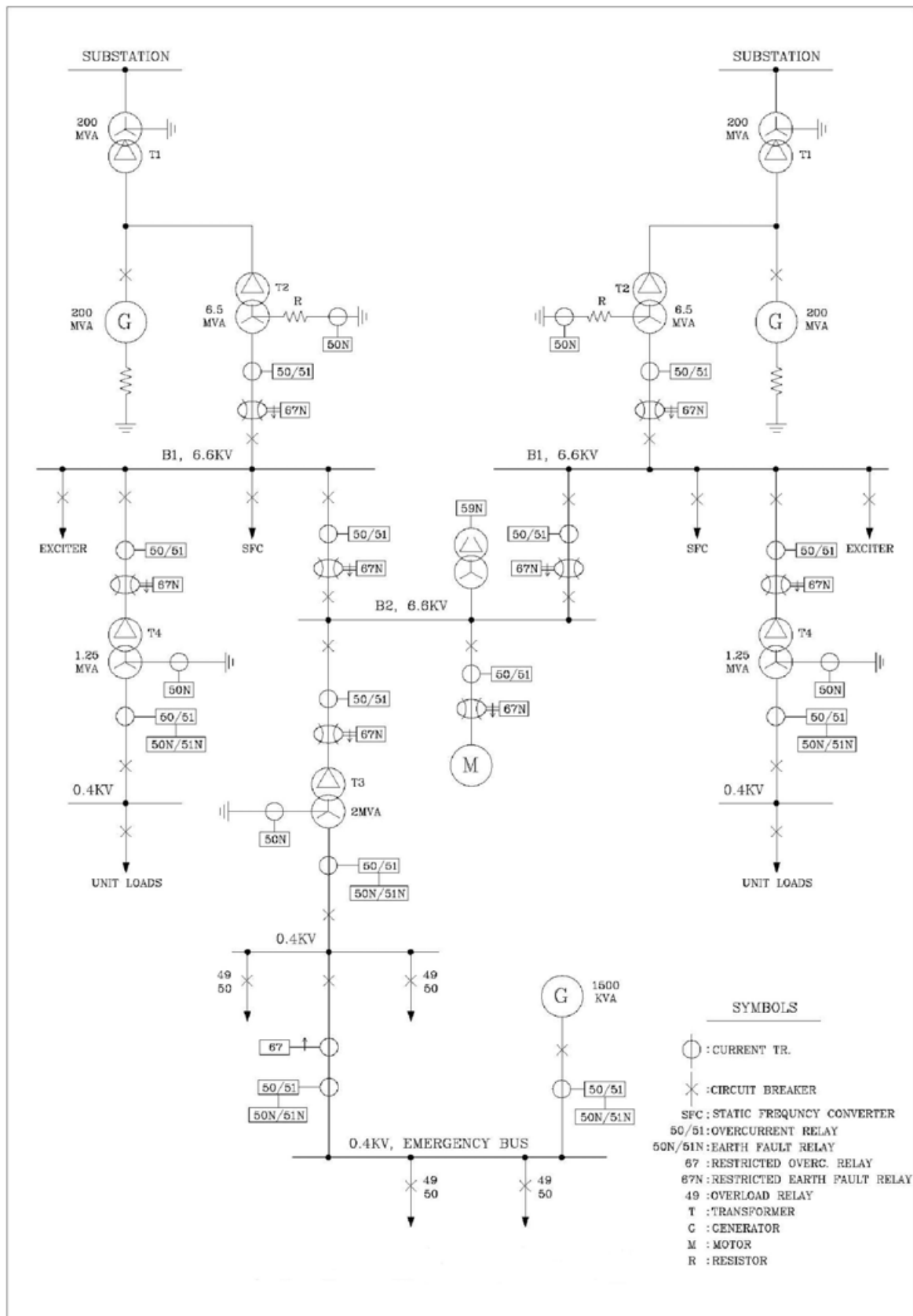
### ۲- رله‌های حفاظتی

حفاظت‌های عمده‌ای که در بخش ولتاژ متوسط و کم نیروگاه بکار رفته‌اند بشرح ذیل است که کد آنها براساس استاندارد ANSI<sup>۲</sup> تعریف شده‌است.

- 1- Protection Selectivity
- 2- American National Standards Institute.
- 3-Over Current Relay
- 4- Definite Time Lag or Independent Time Lag.
- 5- Inverse Time Lag.







شکل (۱) : مدار تک خطی نیروگاه گازی



صفر است و ولتاژی در ترانسفورمر القاء نمی‌شود. فقط در حالت اتصال فاز به زمین، منتج جریان‌ها برابر جریان خطا گردیده و ولتاژی در مدار رله القاء و سبب عملکرد آن می‌شود.

رله 50N/51N در سیستم با نول زمین شده مستقیم<sup>۴</sup> بکار می‌رود که در آن جریان خطای زمین زیاد و در حد جریان اتصال سه فاز قرار دارد. در سیستم با نول ایزوله یا زمین شده با مقاومت زیاد بایستی از رله ولتاژی 59N (رجوع شود به بند ۳-۴) استفاده نمود.

عیب متد شکل (۴) در مقایسه با متد شکل (۵) در اینست که به سبب اشباع CT ها هنگام عبور جریان گذرای زیاد، مثلاً راه‌اندازی موتور، جریان پس‌ماندی از رله زمین عبور نموده و سبب عملکرد ناخواسته می‌شود.  
تنظیم:

- ترانسفورمر حلقوی در فیدر (شکل ۵):

$$I_{set} = 1A, t_D = 0.1 \text{ sec}$$

- سه ترانسفورمر جریان در فیدر (شکل ۴):

$$I_{set} = 1.2 I_{n(CT)}, t_D = \text{acc. to selectivity}$$

- یک CT در مدار اتصال نول ترانسفورمر به زمین:

$$I_{set} = 0.1 I_f, t_D = \text{acc. to selectivity}$$

(حفاظت از ۹۰٪ سیم‌پیچ اتصال ستاره، ۱۰۰٪ از سیم‌پیچ اتصال مثلث).

$I_f$ : جریان اتصال فاز به زمین

- فیدر موتوری:

۱- سیستم با نول زمین شده مستقیم یا با مقاومت زیاد.

$$I_{set} = 0.1 I_f, t_D = 0.1 \text{ sec}$$

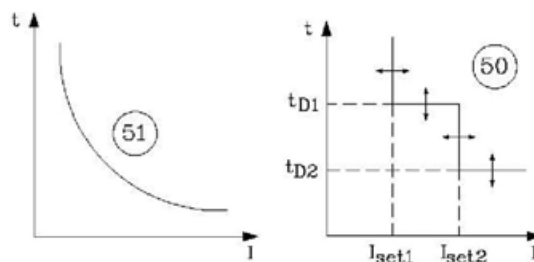
(حفاظت از ۹۰٪ سیم‌پیچ اتصال ستاره، ۱۰۰٪ از سیم‌پیچ اتصال مثلث).

۲- سیستم با نول ایزوله:

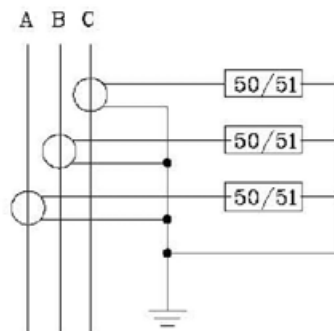
- اگر جریان شارژ  $I_C < 1A$ ، از حفاظت 59N استفاده شود.

- اگر جریان شارژ  $I_C \geq 1A$ ، از ترانسفورمر حلقوی استفاده شود  $I_{set} = 1A, t_D = 0.1 \text{ Sec}$

- 1- Earth fault protection.
- 2- Residual current.
- 3- Core balance CT, ring CT, Residual current divce (RCD).
- 4- Directly earthed sys.



شکل (۲)



شکل (۳)

تنظیم:

تنظیم رله به مقدار جریان اتصالی و نوع هماهنگی حفاظتی (جریانی، زمانی، غیر و) دارد، ولی بطور کلی ضوابط ذیل برقرار است:

$$\text{برای فیدر موتوری: } I_{set} = 1.3 I_{start}, t_D = 0.1 \text{ sec}$$

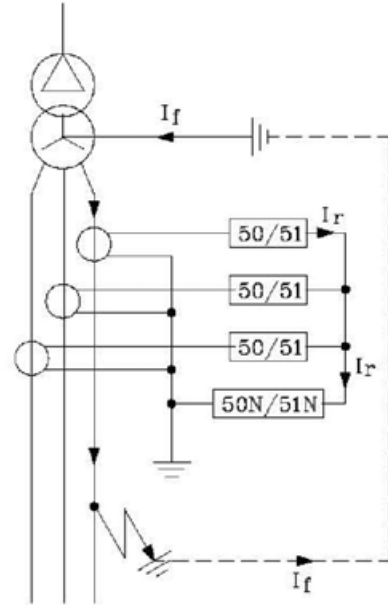
برای سایر فیدرها:  $I_{set} \leq 0.8 I_{sc(\min)}$ ، زمان عملکرد

براساس هماهنگی حفاظتی تنظیم می‌شود.

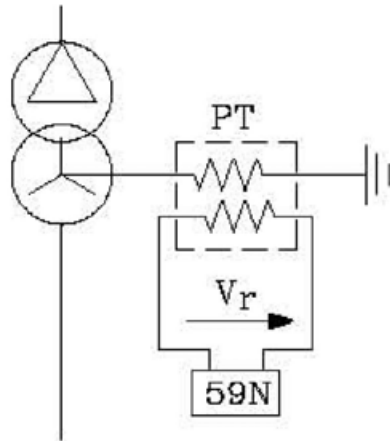
## ۲-۲- حفاظت از خطای فاز به زمین<sup>۱</sup>

یکی از روش‌های حفاظت از خطای زمین استفاده از رله جریان زیاد با کد 50N/51N می‌باشد. این رله نیز از دو المان 50N و 51N تشکیل شده که عموماً در همان مجموعه 50/51 قرار دارند. کمیت ورودی به این رله، جریان پس‌ماند<sup>۲</sup>  $I_r = I_A + I_B + I_C$  است که از جمع برداری جریان فازها نتیجه می‌شود. اندازه‌گیری جریان  $I_r$  طبق اشکال (۴) و (۵) به دو روش صورت می‌گیرد. در متد شکل (۴) از سه ترانس جریان در فازها استفاده شده و رله زمین در مدار نول شکل (۳) قرار می‌گیرد. هنگام بروز خطای فاز به زمین طبق شکل ۴، جریان زمین  $I_f$  فقط از اولیه CT فاز خطا دیده عبور نموده و جریان  $I_r$  سبب عملکرد رله زمین می‌شود. در متد دوم طبق شکل (۵) از ترانسفورمر جریان حلقوی<sup>۳</sup> استفاده می‌شود که در آن هر سه فاز (و سیم نول در صورت وجود) از درون پنجره عبور داده می‌شوند در حالیکه شیلد کابل‌ها نیز پس از عبور از پنجره زمین می‌شوند. در کار نرمال (بار متعادل، بار نامتعادل، بار تک فاز، اتصالی بین فازها بدون دخالت زمین) منتج جریان‌های درون حلقه برابر

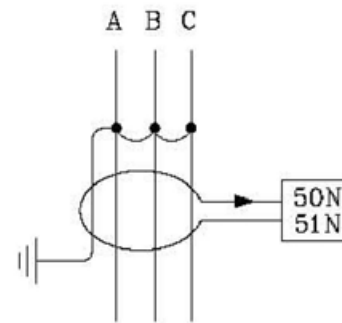
تشخیص خطای زمین استفاده می‌شود. نحوه اندازه‌گیری  $V_r$  بستگی به آرایش نول سیستم دارد. اگر نقطه نول در دسترس باشد طبق شکل (۶-۱) از یک ترانسفورمر ولتاژ تکفاز بین نول ترانسفورمر تغذیه و زمین استفاده می‌شود. در صورت عدم دسترسی به نقطه نول، طبق شکل (۶-۲) از سیم‌پیچ مثلث باز<sup>۳</sup> یک ترانسفورمر ولتاژ سه فاز استفاده می‌شود. جهت جلوگیری از پدیده فرو رزونانس، لازمست مقاومت با توان بیشتر از ۵۰ وات در دو سر مثلث باز قرار گیرد، با توجه به اینکه ولتاژ تولید شده در دو سر مثلث باز برای سیستم‌های با نول ایزوله و نول زمین شده با مقاومت زیاد، هنگام اتصال فاز به زمین برابر  $3V_{ph}$  می‌باشد.



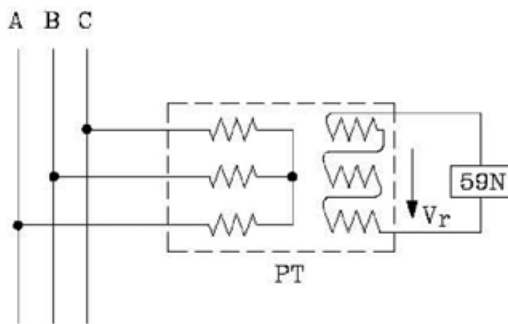
شکل (۴)



شکل (۶-۱)



شکل (۵)



شکل (۶-۲)

### ۲-۳- رله 59N

رله 59N یک رله ولتاژی است که در سیستم با نول ایزوله جهت حفاظت از اتصال زمین به کار می‌رود و کمیت ورودی آن ولتاژ پس‌ماند  $V_r$  است. این رله با کد 59 جهت تشخیص اضافه ولتاژ<sup>۲</sup> بکار می‌رود و کمیت ورودی آن ولتاژ فاز است.

در سیستم با نول ایزوله از زمین، و زمین شده با مقاومت زیاد، اتصال یک فاز به زمین سبب افزایش پتانسیل دو فاز دیگر به اندازه  $\sqrt{3}V_{ph}$  و افزایش پتانسیل نقطه نول نسبت به زمین (پتانسیل صفر) می‌گردد و نتیجتاً ولتاژ پس‌ماند  $V_r = V_A + V_B + V_C$  که از جمع‌برداری ولتاژ فازها حاصل می‌شود مخالف صفر می‌گردد که از آن جهت

تنظیم:

- استفاده از مثلث باز

$$t_D: \text{acc.to selectivity}, V_{\text{set}} = 0.3V_{\text{ph}}$$

- استفاده از PT تک فاز

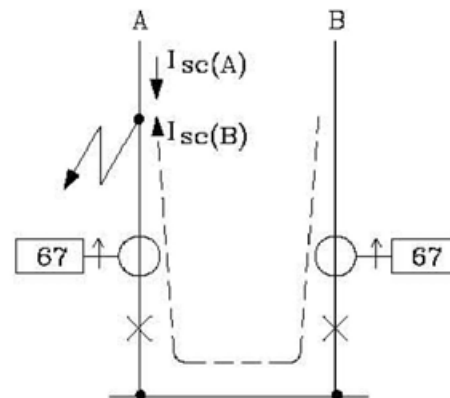
$$t_D: \text{acc.to selectivity}, V_{\text{set}} = 0.1V_{\text{ph}}$$

#### ۴-۲- رله جریان زیاد جهت یاب<sup>۱</sup>

این رله با کد 67 یک رله جریانی است که جهت جریان را نیز تشخیص می‌دهد و برای حفاظت از اتصال بین فازها بکار می‌رود. جریان آن از طریق CT فاز تأمین می‌شود و برای تشخیص جهت نیاز به دریافت کمیت ولتاژ فازها را نیز دارد که ولتاژ پلاریزاسیون<sup>۲</sup> نام دارد.

برخی از موارد کاربرد این رله بشرح ذیل است:

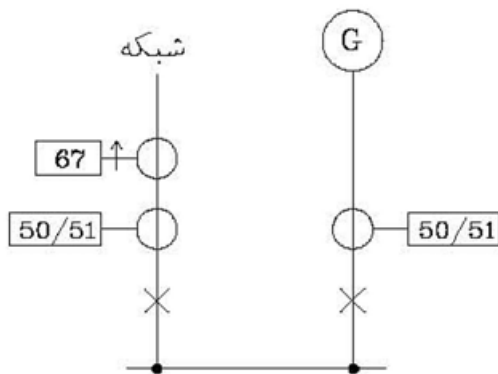
الف: در فیدرهائی که بصورت پارالل کار می‌کنند، حفاظت از جریان اتصال فازها توسط 67 صورت می‌گیرد تا هماهنگی حفاظتی نیز ایجاد شده و طبق شکل (۷) اتصالی در فازهای فیدر A سبب قطع نابجای فیدر سالم B نگردد.



شکل (۷)

ب: در فیدرهائی که بصورت پارالل کار می‌کنند و جریان اتصال کوتاه آنها نابرابر است، وجود رله 67 در فیدر با جریان اتصالی بیشتر سبب ایجاد هماهنگی حفاظتی می‌گردد. در نیروگاه گازی ژنراتور اضطراری می‌تواند با شبکه پارالل شود. طبق شکل (۸) هر دو فیدر دارای رله 50/51 برای حفاظت از اتصال کوتاه می‌باشند و در فیدر شبکه مضافاً رله 67 جهت ایجاد هماهنگی حفاظتی قرار می‌گیرد. فرض شود جریان اتصالی در فیدر ژنراتور 10 کیلوآمپر و در فیدر شبکه 20

کیلوآمپر باشد. اگر خطا در فیدر ژنراتور باشد، رله 50/51 آن بعلت تنظیم کمتر سریع‌تر از 50/51 فیدر شبکه عمل می‌کند و فقط فیدر ژنراتور قطع می‌شود و رله 67 شبکه جریان اتصالی از طرف شبکه را به علت ناموافق بودن جهت نمی‌بیند. حال اگر خطا در فیدر شبکه باشد جریان 10 کیلوآمپر ژنراتور سبب عملکرد 50/51 شبکه که برای 20 کیلوآمپر تنظیم شده، نمی‌گردد ولی رله 67 که برای کمتر از 10 کیلوآمپر تنظیم شده زودتر از 50/51 ژنراتور تحریک شده و فقط مدار شبکه قطع می‌گردد.



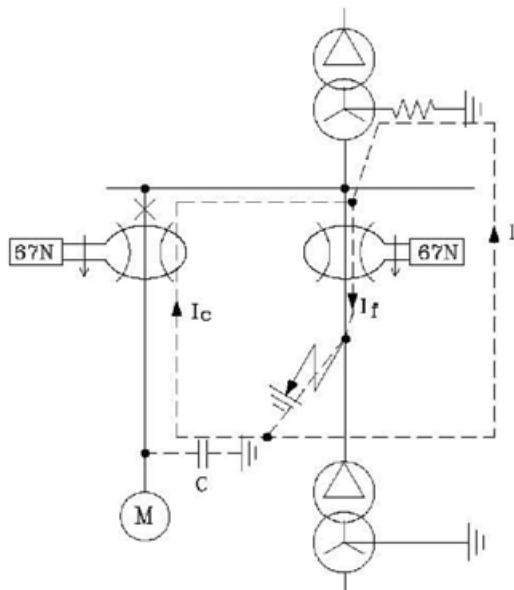
شکل (۸)

#### ۵-۲- رله 67N<sup>۳</sup>

این رله مشابه رله 67 است ولی حفاظت از اتصال فاز به زمین را تشخیص می‌دهد. تفاوت آن با رله 67 در اینست که هر دو کمیت ورودی جریان و ولتاژ بایستی از نوع پس‌ماند باشند. ولتاژ پس‌ماند  $V_r$  را می‌توان طبق شکل (۶-۲) در سیم‌پیچ مثلث باز یک ترانسفورمر ولتاژ اندازه‌گیری نمود ولی جریان پس‌ماند  $I_r = I_A + I_B + I_C$  که از جمع‌برداری جریان فازها حاصل می‌شود، می‌تواند یا طبق شکل (۹) توسط سه ترانسفورمر جریان پارالل شده یا طبق شکل (۱۰) توسط ترانسفورمر پنجره‌ای تأمین گردد. متد شکل (۹) دارای این عیب است که اشباع CTها هنگام عبور جریان‌گذرای زیاد، مثلاً راه‌اندازی موتور، جریان پس‌ماندی تولید می‌کند که سبب عملکرد نابجای رله می‌شود.

1- Directional over Current Relay  
 2- Polarizing Voltage  
 3- Directional Earth Fault Relay





شکل (11)

تنظیم برای تشخیص جریان شارژ:

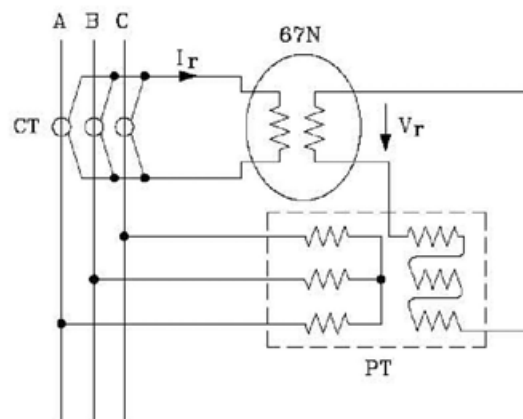
$$t_D = 0.1 \text{Sec}, \quad I_{set} = 1A$$

### ۳- مدار تک خطی حفاظتی

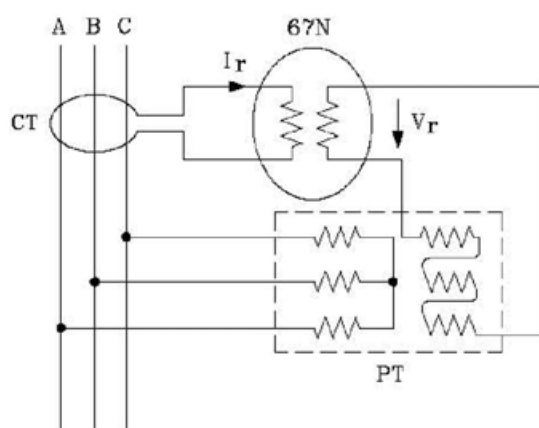
در شکل (۱) مدار تک خطی حفاظتی نیروگاه گازی رسم شده است که در آن رله های جریان زیاد، اتصال زمین و رله جهت یاب رسم شده اند. جهت سادگی، از رسم سایر رله ها نظیر ولتاژ کم (27)، حفاظت های موتوری، PT های تغذیه کننده رله 67N، سیستم DC و UPS و برخی فیدرهای مشابه خودداری شده است. حفاظت های ذکر شده بشرح ذیل در تک خطی بکار رفته اند:

#### ۳-۱- حفاظت از اتصال فازها

برای این حفاظت از رله 50/51 در کلیه فیدرهای MV و فیدرهای عمده LV استفاده شده است. در بخش LV برای فیدرهای پائین دست و بارهای نهائی از بریکر (MCCB) و (MCB) مجهز به تریپ حرارتی - مغناطیسی<sup>۴</sup> (49/50) استفاده می شود و آلارم 50 آنها حفاظت از اتصالی را بعهده دارد.



شکل (۹)



شکل (۱۰)

از رله 67N به دو منظور در سیستم های الکتریکی استفاده می شود که یکی تعیین جهت جریان خطای زمین و دومی تمیز دادن جریان خطا از جریان شارژ خازنی سیستم بشرح ذیل است:  
جریان شارژ خازنی<sup>۱</sup>:

کابل دارای خازن طبیعی نسبت به زمین است و لذا هنگام برقرار بودن دارای جریان شارژ خازنی است. این جریان می تواند طبق شکل (۱۱) سبب قطع تغذیه نابجای فیدرهای سالم هنگام بروز خطای زمین در یک فیدر دیگر گردد، یعنی عدم تأمین هماهنگی حفاظتی. جریان شارژ در یک فیدر کابلی سالم هنگام خطای زمین در یک فیدر دیگر برابر  $I_C = 3\omega CV_{ph}$  است (C خازن فاز - زمین یک فاز فیدر و  $V_{ph}$  ولتاژ فاز - نول سیستم است). با احتساب ۳ کیلومتر طول کابل و خازن ۰/۵ میکرو فاراد بر کیلومتر برای سیستم 6.6KV، جریان شارژ حدود ۳/۷۵ آمپر می گردد.

1- Capacitive Charging Current  
2- Molded Case C.B.  
3- Miniture C.B.  
4- Thermal - Magnetic Trip

### ۲-۳- حفاظت از اتصال زمین

الف- سیستم ولتاژ متوسط :

برای این حفاظت از رله 59N طبق شکل (۶-۲) استفاده می‌شود زیرا سیستم از نوع زمین شده با مقاومت زیاد (R) است و جریان خطا به حداکثر ۱۰ آمپر محدود شده‌است.

در کلیه فیدرهای بخش ولتاژ متوسط از رله 67N در جهت هماهنگی حفاظتی استفاده شده تا بر اساس توضیحات بند ۲-۵ هنگام اتصال زمین، شارژ خازنی کابل‌ها سبب عملکرد نابجا نگردد. توجه شود که برای 67N از ترانسفورمر حلقوی استفاده شده که محاسن آن در مقایسه با استفاده از متد شکل (۹) قبلاً توضیح داده شده است. کلاس دقت ترانسفورمر حلقوی بایستی از نوع کلاس اندازه‌گیری مثلاً (FS10 و CL1) باشد و کلاس نوع حفاظتی برای جریان‌های کم از دقت لازم برخوردار نیست.

ب - سیستم ولتاژ کم:

- برای باس‌های عمده با آمپراژ بالا و باس‌های MCC، رله 50N/51N در فیدر ورودی به باس‌ها نصب شده است.
- برای فیدر موتورهای ۱۰ کیلووات به بالا از رله 50N نوع ترانس حلقوی استفاده شده است.
- برای فیدرهای پرریز برق از رله 50N نوع ترانس حلقوی با تنظیم بسیار پائین ۳۰ میلی‌آمپری استفاده شده که حفاظت برق‌گرفتگی را نیز بعهده دارد.
- اتصال سیم پیچ ثانویه ترانسفورمر به زمین (خطای زمین داخل ترانسفورمر) توسط رله 50N واقع در مدار نول ترانسفورمر دیده می‌شود.

### ۳-۳- رله جریان زیاد جهت یاب

نحوه بهره‌برداری از مدار تک‌خطی شکل (۱) بگونه‌ای است که امکان پارالل شدن دو منبع تغذیه وجود ندارد و لذا نیازی به استفاده از رله 67 نمی‌باشد. تنها مورد استثنا، باس اضطراری است که توسط آن ژنراتور اضطراری می‌تواند با شبکه پارالل شود. در این شرایط، وجود رله 67

در فیدر شبکه سبب تأمین هماهنگی حفاظتی می‌شود که در بند ۲-۴ ب بررسی شده‌است.

### ۳-۴- حفاظت از مقاومت محدودکننده جریان زمین

مقاومت R بین نقطه نول ترانسفورمر واحد و زمین، جریان خطای زمین را به مقدار  $I_f$  محدود می‌کند. دو مشخصه عمده این مقاومت یکی زمان تحمل آن در برابر جریان  $I_f$  است ( $t_f$ ) حدود ۲۰ میلی‌ثانیه یا کمتر) و دیگری جریان قابل تحمل دائم ( $I_{con}$  حدود  $0.1 I_f$ ) است، این دو مشخصه بایستی توسط سازنده اعلام گردد. اگر خطای زمین از نوع مقاومتی باشد، جریان می‌تواند کمتر از  $I_f$  گردد و لذا توسط رله 50N که برای  $I_f$  تنظیم شده قابل تشخیص نیست و با عبور مداوم خود سبب صدمه به مقاومت می‌شود. حفاظت مقاومت می‌تواند با رله جریان زیاد 50N صورت گیرد و تنظیم آن بایستی کمتر از  $I_{con}$  باشد.

### مراجع

۱- مدارک نیروگاه های گازی عسلویه و علی آباد

2- Protection of Elec. Networks , 2006  
by Ch. Preve

3- IEEE Std.242, Protection and  
Coordination of Industrial Power sys.

آقای کاوس قصبه دارای فوق لیسانس مهندسی برق از آلمان (سال ۱۳۴۵) و دکترای مهندسی برق از انگلستان (سال ۱۳۵۳) می‌باشد. ایشان تا سال ۱۳۶۲ به تدریس در دانشگاه صنعتی شریف پرداخته و ۲۹ سال در شرکت قدس نیرو سابقه کارشناسی و سرپرستی دارد. زمینه فعالیت آقای قصبه، بطور کلی سیستم‌ها و تجهیزات برق نیروگاه بوده و زمینه تخصصی و علاقمندی ایشان ماشین‌های الکتریکی و ترانسفورمرها می‌باشد.

Email:

[kghassabei@ghods-niroo.com](mailto:kghassabei@ghods-niroo.com)



# تعیین میزان تأثیر دیوار آبنند در کاهش آبگذری پی سد پیغام چای کلیبر از طریق تحلیل عددی

رسول فرج نیا

کارشناس ارشد مکانیک خاک و پی - SBU آب

حامد فرشباف آقاجانی

دانشجوی دکترای مکانیک خاک و پی - دانشگاه علم و صنعت ایران

کلمات کلیدی: سد پیغام چای، دیوار بتن پلاستیک، نشت، تحلیل تراوش، SEEP\W

## چکیده

یکی از معیارهای مهم در زمینه طراحی سدها، لزوم کنترل میزان نشت از بدنه و پی سد می‌باشد. در این مقاله با انجام تحلیل‌های عددی مقدار تراوش بدنه و پی، همچنین عملکرد سیستم آببندی پی سد مخزنی پیغام چای مورد بررسی قرار می‌گیرد. برای این منظور ابتدا زمین‌شناسی منطقه مورد بررسی قرار گرفته و پارامترهای نفوذپذیری مصالح پی و بدنه تعیین شده است. سپس تراوش بدنه و پی در مقطع عرضی سد از طریق تحلیل اجزای محدود و بکمک نرم‌افزار SEEP\W مدل‌سازی شده است. در ادامه میزان کارایی سیستم آببندی سد در هر دو جناح راست و چپ، از طریق مقایسه میزان تراوش از پی در دو حالت بدون در نظر گرفتن دیوار آبنند بتن پلاستیک و در حالت دوم با در نظر گرفتن دیواره آبنند موجود تعیین شده است. نتایج این تحلیل نشان‌دهنده تأثیر بسیار مناسب سیستم آببندی در کاهش تراوش در پی سد می‌باشد. همچنین میزان نشت کل از بدنه و پی در طول کل سد و در مدت یک سال آبی برابر با ۰/۰۰۶ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد که کمتر از مقدار مجاز ارائه شده در مراجع موجود (۰/۰۳ متر مکعب بر ثانیه) می‌باشد که عملکرد مناسب پرده آبنند را نشان می‌دهد.

## ۱- مقدمه

سدها از سازه‌های مهم دست ساز بشر هستند که نقش بسزایی در تأمین و ذخیره منابع آبی مورد نیاز جوامع بشری ایفاء می‌کنند. یکی از معیارهای مهم در زمینه طراحی سدها، لزوم کنترل میزان نشت از بدنه و پی سد به منظور محدود نمودن مقدار نشت آب و جلوگیری از وقوع پدیده‌های مخرب در پی مانند رگاب و فرسایش است. در این مقاله با انجام تحلیل‌های عددی مقدار تراوش بدنه و پی، همچنین عملکرد سیستم آببندی پی مورد بررسی قرار می‌گیرد. سد مخزنی پیغام چای از نوع خاکی با هسته رسی قائم با ارتفاع ۴۳ متر از پی می‌باشد که جهت تأمین آب شرب شهر کلیبر و همچنین تأمین آب کشاورزی اراضی پائین دست سد در فاصله ۵ کیلومتری شهر کلیبر در حال احداث می‌باشد. باتوجه به محدود بودن منابع آبی رودخانه و فصلی بودن رژیم

رودخانه حفظ منابع آب ذخیره شده در مخزن سد از اهمیت فوق‌العاده‌ای برخوردار است. از طرف دیگر کاوش‌های زمین‌شناسی نشان می‌دهد که بستر آبرفتی رودخانه در طرفین بدنه سد (جناح راست و جناح چپ) از مصالح مختلفی تشکیل یافته است. در نتیجه سیستم آببندی در نظر گرفته شده برای پی آبرفتی سد در جناح راست و چپ متفاوت می‌باشد.

در این مقاله ابتدا وضعیت زمین‌شناسی محور سد تشریح می‌شود. سپس مشخصات و ویژگی‌های نفوذپذیری مصالح پی و بدنه سد از طریق بررسی نتایج آزمایش‌های صحرایی برجا مورد مطالعه و بررسی قرار می‌گیرد. در مرحله بعدی، مقدار و حجم تراوش انجام یافته از پی و بدنه سد در هر دو جناح راست و چپ محاسبه و تعیین خواهند شد. برای این منظور مدل عددی دوبعدی از مقاطع عرضی بدنه سد ساخته شده و

مورد تحلیل عددی اجزاء محدود قرار گرفته است. در نهایت با کمک نتایج بدست آمده از تحلیل‌های عددی تراوش، مقدار نشت آب در کل بدنه و پی در طول یک سال آبی محاسبه و تعیین خواهد شد.

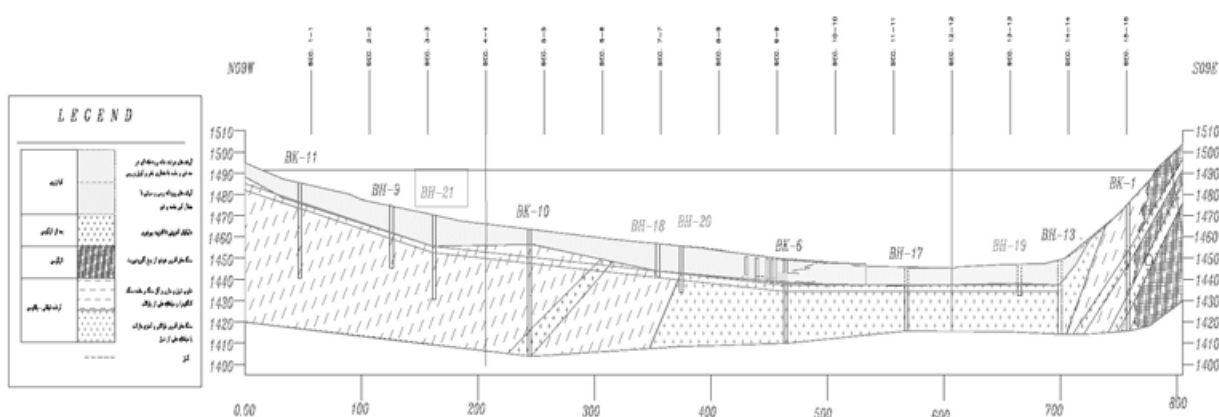
## ۲- مطالعات زمین‌شناسی منطقه

بررسی‌های زمین‌شناسی بیانگر این است که ساختار و مصالح تشکیل‌دهنده پی سد در جناحین و بستر رودخانه با هم متفاوت می‌باشد. جناح چپ از توده شیلی، کنگلومرای سست، ماسه سنگ و گل سنگ تشکیل یافته است. یافته‌های حاصل از کاوش‌های صحرایی نشان می‌دهد که جناح چپ سد، بر روی سنگ بستر رسوبات آبرفتی به ضخامت حدود ۵ الی ۱۵ متر قرار گرفته‌اند که در بخش سد بصورت آبرفت‌های شن و ماسه‌ای هستند. ولی پس از خارج شدن از بستر رودخانه و جناح چپ، تبدیل به مصالح ریزدانه رسی با خاصیت چسبندگی و پلاستیک می‌شوند. این مصالح ریزدانه دارای نفوذپذیری پائینی هستند. جنس مصالح پی در بستر رودخانه، از خاک‌های آبرفتی درشت‌دانه با نفوذپذیری بالا تشکیل یافته است با توجه به نفوذپذیری زیاد این مصالح، رفتار پی در مقابل تراوش و نشت آب در جناح چپ و بستر رودخانه با هم متفاوت خواهد بود. در جناح راست سنگ بستر آندزیت رخنمون داشته و بدنه سد نیز بر روی پی سنگی احداث می‌شود. با توجه به مطالب بالا، مصالح پی در جناحین و بستر رودخانه با هم متفاوت می‌باشد. با توجه به متفاوت بودن مقادیر نفوذپذیری، رفتار مصالح پی در مقابل جریان زه آب نشتی از بدنه متغیر خواهد بود. نقشه زمین‌شناسی در محور طولی سد در شکل (۱) نشان داده شده است.

## ۳- تعیین پارامترهای نفوذپذیری پی

برای بررسی نفوذپذیری مصالح تشکیل‌دهنده پی سد پیغام چای، آزمایش‌های نفوذپذیری صحرایی به روش لوفران در مصالح آبرفتی انجام یافته است. در شکل (۲)، محل گمانه‌های ماشینی حفاری شده در محل ساختگاه سد نشان داده شده است. این آزمایش‌ها در سه مرحله انجام گردیده است. مرحله اول شامل گمانه‌هایی است که با نماد BH نامگذاری شده‌اند و در تمامی طول ساختگاه سد حفاری و آزمایش نفوذپذیری بر روی آنها انجام یافته است. مرحله دوم نیز با نماد BK نامگذاری شده‌اند که در طی مطالعات مرحله دوم سد حفاری و آزمایش نفوذپذیری انجام شده است. علاوه بر گمانه‌های فوق، چهار حلقه گمانه نیز با نماد BH-NO نیز در زمان اجرای سد حفاری شده‌اند. این گمانه‌ها بیشتر به منظور تدقیق مطالعات قبلی و بررسی مجدد لایه‌های زمین‌شناسی، همچنین تعیین نفوذپذیری لایه‌های آبرفتی مورد حفاری قرار گرفته‌اند. آزمایش‌های نفوذپذیری لوفران به دو روش بار افتان و بار ثابت انجام یافته است.

بررسی نتایج آزمایش‌ها بیانگر این موضوع است که مقدار نفوذپذیری لایه ریزدانه جناح چپ در حد پایین بوده که مقدار متوسط آن برابر  $10^{-8}$  متر بر ثانیه می‌باشد. در طرف مقابل، لایه‌های آبرفتی واقع در بستر رودخانه دارای نفوذپذیری بالایی هستند. این لایه‌ها عمدتاً از مصالح درشت دانه آبرفتی تشکیل یافته‌اند و مقدار نفوذپذیری مصالح آبرفتی در لایه ۵ متر ابتدایی در حد بالایی بوده و در محدوده  $10^{-3}$  متر بر ثانیه می‌باشد. این لایه با عنوان Very pervious نامگذاری شده است. از عمق ۵ متری تا عمق ۱۰ متری مقدار نفوذپذیری کمی کاهش یافته و به مقدار  $10^{-5}$  متر بر ثانیه



شکل (۱): نقشه زمین‌شناسی مقطع طولی محور



آب گذرنده از مصالح ریزدانه رسی انتخاب شده است. ارتفاع بدنه سد در این مقطع برابر ۲۸ متر است. برای بستر رودخانه نیز مقطع شماره ۱۲ از مقاطع عرضی بدنه سد انتخاب شده است. بدنه سد در این مقطع بیشترین ارتفاع را دارا می‌باشد، بطوریکه ارتفاع سد از پی برابر ۴۴ متر می‌باشد. در شکل (۳) مقاطع عرضی شماره ۴ و ۱۲ ارائه شده است. [۳]

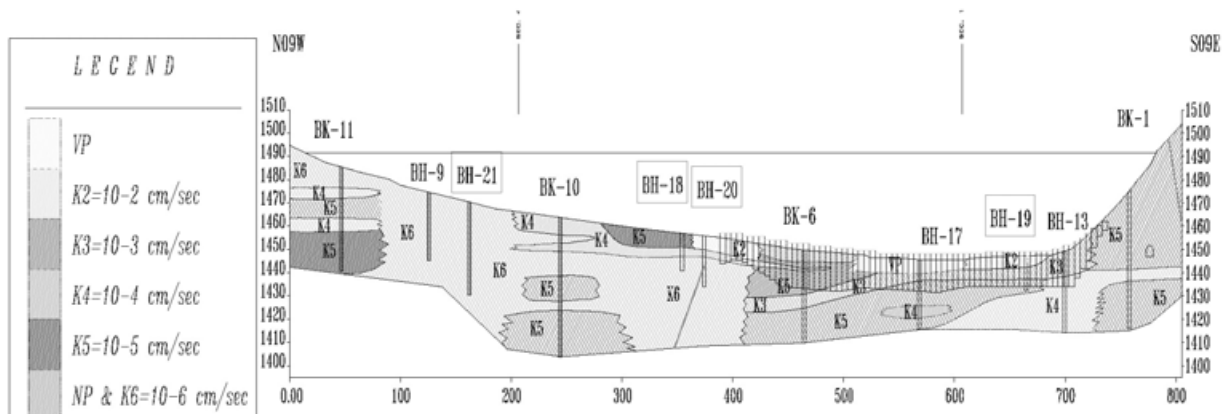
#### ۵- مدل‌سازی عددی

نرم‌افزار SEEP-W از مجموعه نرم‌افزارهای ژئوتکنیکی GEO-OFFICE 2004 می‌باشد این نرم‌افزار برای مدل‌سازی جریان‌های پایدار و گذرا در محیط‌های متخلخل به روش اجزاء محدود و بصورت دو بعدی می‌باشد. همچنین در این نرم‌افزار، امکان مدل‌سازی تراوش در ناحیه غیر اشباع بوسیله توابع نفوذپذیری غیر اشباع فراهم می‌باشد [۲]. برای انجام تحلیل تراوش، لازم است که شرایط مرزی مناسبی برای مدل دو بعدی اختصاص یابد. برای قسمت پائین دست سد، سطح آب در تراز سطح زمین فرض شده است. در قسمت بالادست سد، شرایط مرزی خاصی در نظر گرفته شده است. باتوجه به اینکه آبیگری سد بطور تدریجی انجام می‌شود، لذا سطح آب در بالادست نسبت به زمان متغیر فرض شده است. الگوی شرط مرزی مبتنی بر الگوی آبیگری سد می‌باشد که از مطالعات شبیه‌سازی مخزن سد پیغام جای استخراج شده است. تحلیل‌های تراوش در دو مرحله انجام یافته است. در مرحله اول سیستم آب‌بندی پی شامل کات آف در مدل‌های عددی در نظر گرفته نشده و تحلیل عددی بدون در نظر گرفتن سیستم آب‌بندی انجام یافته است. در تحلیل‌های مرحله دوم سیستم آب‌بندی برای پی آبرفتی سد در نظر گرفته شده است و تحلیل‌های تراوش با مدل‌سازی کات آف انجام یافته است.

کاهش می‌یابد. در این پروژه وضعیت آبیگری سنگ بستر نیز از طریق انجام آزمایش‌های نفوذپذیری به روش لوژان مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته است. در جناح چپ سد، لایه آبرفتی ریزدانه بر روی سنگ بستری متشکل از تناوب شیل و مارن و گل سنگ و ماسه سنگ با میانلایه‌هایی از بازالت تشکیل یافته است. نتایج آزمایش‌های نفوذپذیری نشان می‌دهد که مقدار نفوذپذیری متوسط توده سنگ بستر در حدود  $10^{-8}$  متر برثانیه می‌باشد. ولی در گمانه شماره BK-10 در عمق ۳۱ و ۴۹ متری، مقدار نفوذپذیری متوسط بصورت موضعی بر  $10^{-5}$  سانتیمتر برثانیه نیز می‌رسد. در بستر رودخانه نیز، توده آبرفتی بر روی لایه از توده سنگ آذرین بازالتی و آندزی بازالت که میانلایه‌هایی از شیل در بین آنها قرار دارد، تشکیل یافته است. مقدار نفوذپذیری متوسط این لایه نیز در حد  $10^{-7}$  متر برثانیه می‌باشد. البته در گمانه BK6 و در عمق ۲۳ متری مقدار نفوذپذیری بصورت موضعی افزایش یافته و در حدود  $10^{-5}$  متر برثانیه می‌باشد. البته در بخشی از جناح راست (مقطع ۱۲ تا مقطع ۱۴) مقدار نفوذپذیری بستر سنگی در حدود  $10^{-6}$  متر برثانیه می‌باشد. در شکل (۲)، پروفیل نفوذپذیری طولی بستر سد ارائه شده است [۱]

#### ۴- مقطع هندسی عرضی بدنه

برای تحلیل جریان زه آب، دو مقطع عرضی متفاوت از سد انتخاب شده است، بطوریکه نماینده‌ای از کلیه خصوصیات پی باشد. علاوه بر این مورد، مقطع عرضی بدنه سد بایستی طوری انتخاب شود که ارتفاع بدنه سد بیشترین مقدار باشد. یکی از این مقاطع عرضی در جناح چپ سد و دیگری در بستر رودخانه قرار دارد. باتوجه به این موارد، مقطع عرضی شماره ۴ سد در جناح چپ برای تحلیل تراوش و بررسی زه



شکل (۲): پروفیل نفوذپذیری طولی سد

هدف از این دو مرحله تحلیل، تعیین میزان تأثیرگذاری سیستم آببندی پی در کاهش تراوش پی و مقدار کارایی دیوار کات آف از طریق مقایسه نتایج تحلیل عددی در دو حالت مختلف است.

### ۶- نتایج تحلیل تراوش

با استفاده از هندسه بدنه و پارامترهای ژئوتکنیکی، مدل‌های دو بعدی از مقطع عرضی سد در جناح چپ و جناح راست در نرم‌افزار ساخته شده است، بطوریکه مصالح تشکیل‌دهنده مدل عددی منطبق بر ساختار لایه‌بندی زمین‌شناسی و مطالعات ژئوتکنیکی مصالح بدنه است. در جدول (۱) به ترتیب مقادیر نفوذپذیری مصالح تشکیل‌دهنده بدنه سد و پی در دو مقطع ۴ و ۱۲ ارائه شده است.

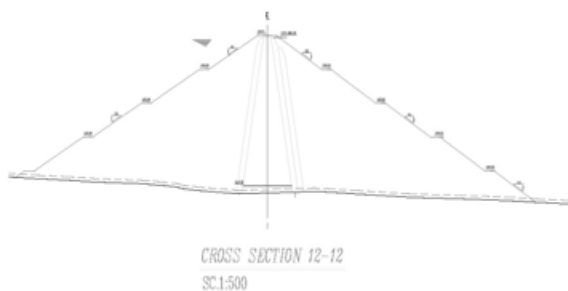
براساس مدل هندسی ساخته شده در نرم‌افزار GEO-OFFICE 2004 و انجام آنالیزهای تراوش مورد نظر SEEP/W در تراش‌های مختلف آگیری، نتایج حاصل از آنالیزهای تراوش جناح چپ و جناح راست در دو مقطع ۴ و ۱۲ در حالت بدون وجود پرده آببند در شکل (۴) نشان داده شده است. بعد از انجام آنالیزهای تراوش مرحله اول در حالت بدون دیواره آببند در مرحله دوم برای تعیین میزان نشت و تأثیر دیواره آببند در کنترل نشت از پی آنالیزهای تراوش مورد نظر SEEP/W در تراش‌های مختلف آگیری، در دو مقطع ۴ و ۱۲ در حالت وجود پرده آببند در شکل (۵) نشان داده شده است.

در جدول (۲) مجموع کل تراوش سد در جناح چپ و راست طی دوره آگیری سد ارائه شد. با جمع نتایج این جدول مقدار کل تراوش مجموعه پی و بدنه سد پیغام چای در طول یک سال آبی (۱۲ ماه) برابر با ۲۱۱۸۲۶ متر مکعب خواهد بود. با توجه به اینکه حجم مخزن سد برابر ۱۵ میلیون متر

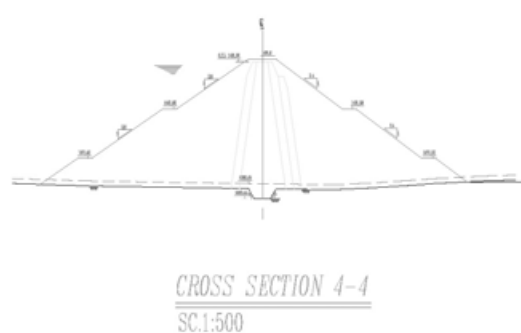
مکعب است، لذا نسبت افت آب از مخزن سد از طریق تراوش برابر با ۱/۴۱٪ حجم مخزن بوده و میزان نشت کل از بدنه و پی در طول کل سد برابر با ۰/۰۰۶ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد که کمتر از مقدار مجاز ارائه شده در مراجع موجود (۰/۰۳ متر مکعب بر ثانیه) می‌باشد که عملکرد مناسب پرده آببند را نشان می‌دهد. [۴]

برای بررسی کارایی سیستم آببندی پی سد در جناح چپ، و راست آنالیزهای تراوش در دو وضعیت بدون سیستم آببندی پی و با وجود سیستم آببندی پی در تراز نرمال مخزن انجام گردیده و با همدیگر مقایسه شده است. با مقایسه این مقادیر میزان حجم تراوش یافته از پی در صورت احداث دیوار بتن پلاستیک، به ترتیب در جناح چپ و راست ۱۴ و ۵۵۶ برابر نسبت به حالت بدون وجود دیواره آببند کاهش را نشان می‌دهد، این مسئله بعلت مصالح آبرفتی درشت دانه بستر و جناح راست کارائی مناسب ایجاد دیواره آببند را نشان می‌دهد.

باتوجه به نقشه‌های زمین‌شناسی، مقاطع عرضی شماره ۱ تا ۸ بدنه سد در جناح چپ واقع شده‌اند و آبرفت پی شامل مصالح ریزدانه بوده و طول این جناح از سد برابر ۳۵۰ متر است. همچنین مقاطع عرضی شماره ۸ تا ۱۴ بدنه سد در جناح راست واقع شده‌اند و در این ناحیه آبرفت پی مصالح درشت دانه می‌باشد. طول این بخش از سد برابر ۳۰۰ متر است. در نتیجه مقدار حجم کل تراوش یافته از بدنه و پی در دو جناح چپ و راست در جدول (۲) ارائه شده است.



ب) مقطع عرضی شماره ۱۲ بدنه سد

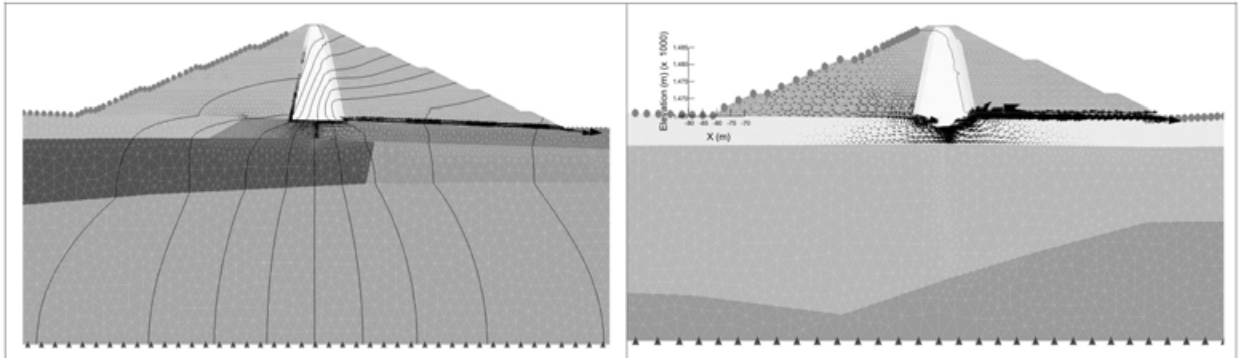


الف) مقطع عرضی شماره ۴

شکل (۳)

جدول (۱): نفوذپذیری مصالح مقطع ۴ و ۱۲

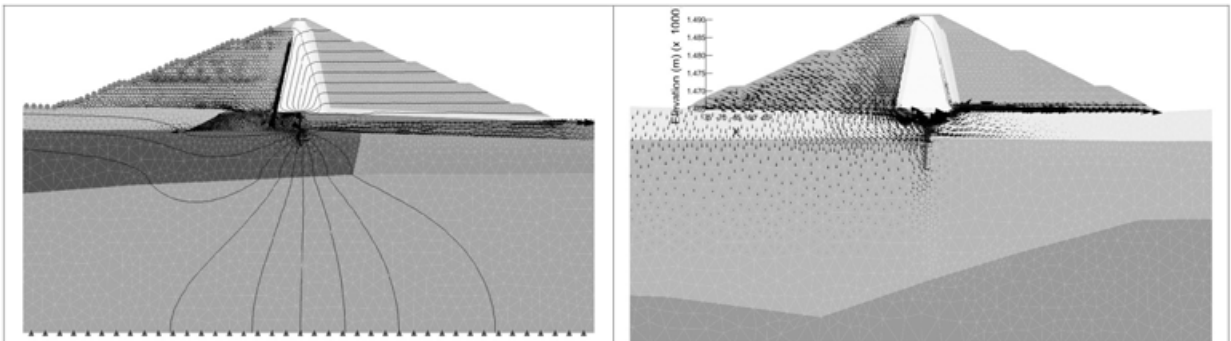
ردیف	نام مصالح	مقدار نفوذپذیری قائم (m/s)	مقدار نفوذپذیری افقی (m/s)
۱	هسته	$1 \times 10^{-9}$	$1 \times 10^{-8}$
۲	فیلتر ریزدانه	$1 \times 10^{-5}$	$1 \times 10^{-4}$
۳	فیلتر درشت دانه	$1 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^{-1}$
۴	پوسته	$1 \times 10^{-2}$	$1 \times 10^{-2}$
۵	پی آبرفتی ریزدانه	$1 \times 10^{-6}$	$1 \times 10^{-5}$
۶	دیوار آببند کات آف	$1 \times 10^{-9}$	$1 \times 10^{-8}$
۷	سنگ بستر آذرین بازالتی	$1 \times 10^{-8}$	$1 \times 10^{-8}$
۸	تناوب شیل و مارن	$1 \times 10^{-7}$	$1 \times 10^{-7}$
۹	سنگ بستر هوازده	$1 \times 10^{-7}$	$1 \times 10^{-7}$
۱۰	پی آبرفتی درشت دانه بستر رودخانه	$5 \times 10^{-4}$	$5 \times 10^{-3}$



ب: مقطع ۲۵

الف: مقطع ۴

شکل (۴): آنالیز تراوش بدون پرده آببند در وضعیت مخزن پر



ب: مقطع ۱۲

الف: مقطع ۴

شکل (۵): آنالیز تراوش در حالت وجود پرده آببند در وضعیت مخزن پر

آقای حامد فرشباف دارای مدرک کارشناسی ارشد مهندسی عمران - ژئوتکنیک و دانشجوی مقطع دکترای عمران می‌باشد. ایشان دارای ۶ سال سابقه بوده که ۳ سال آن در قدس نیرو بوده است. زمینه علاقمندی آقای فرشباف اندرکنش خاک و سازه، پایداری شیروانی‌ها درحالت استاتیکی و دینامیکی، برآورد ظرفیت باربری استاتیکی و دینامیکی پی‌های سطحی و عمیق و طراحی سدهای خاکی و سنگریزه‌ای می‌باشد.

**Email:**  
hfarshbaf@iust.ac.ir



جدول (۲): تراوش کل جناح چپ و راست از بدنه و پی

تراوش جناح چپ (m <sup>3</sup> /year)	تراوش جناح راست (m <sup>3</sup> /year)	ردیف
۹۰۰	۱۹۹۰	تراوش از بدنه
۵۸۷۲	۲۰۳۰۶۴	تراوش از پی
۶۷۷۲	۲۰۵۰۵۴	مجموع کل تراوش

## ۷- نتیجه‌گیری

از معیارهای مهم در زمینه طراحی سدها، لزوم کنترل میزان نشست از بدنه و پی سد به منظور محدود نمودن مقدار نشست آب و جلوگیری از وقوع پدیده‌های مخرب در پی مانند رگاب و فرسایش است باتوجه به نفوذپذیری زیاد آبرفت بستر و جناح راست، رفتار پی در مقابل تراوش و نشست زه آب در جناح چپ و بستر رودخانه با هم متفاوت است. براساس آنالیزهای تراوش انجام گرفته و مقایسه نتایج آنالیزهای تراوش پی در صورت احداث دیوار بتن پلاستیک، به ترتیب در جناح چپ و راست ۱۴ و ۵۵۶ برابرنسبت به حالت بدون وجود دیواره آب‌بند کاهش نشست از پی رانشان می‌دهد، این مسئله بعلت مصالح آبرفتی درشت‌دانه بستر و جناح راست کارائی مناسب ایجاد دیواره آب‌بند را نشان می‌دهد. همچنین نسبت افت آب از مخزن سد از طریق تراوش در حالت وجود دیواره آب‌بند برابر با ۱/۴۱٪ حجم مخزن بوده و میزان نشست کل از بدنه و پی در طول کل سد برابر با ۰/۰۰۶ متر مکعب بر ثانیه می‌باشد که کمتر از مقدار مجاز ارائه شده در مراجع موجود (۰/۰۳ متر مکعب بر ثانیه) می‌باشد که عملکرد بسیار مناسب پرده آب‌بند در کاهش نشست از پی رانشان می‌دهد.

## مراجع

- 1-Engineerng and Design, Construction control for earth and rockfill dams, 1995, U.S.Army croups of engineers.
- 2-Geo- Slope 2004, Seepage Modeling With Seep/w
- ۳- سدهای خاکی، حس رحیمی، دانشگاه تهران، ۱۳۸۵
- ۴- طراحی و ساخت سدهای مخزنی جلد دوم، ابوالفضل شمسانی، دانشگاه علم و صنعت، ۱۳۸۳

آقای رسول فرج‌نیا دارای مدرک کارشناسی ارشد مهندسی عمران - ژئوتکنیک می‌باشد. ایشان دارای ۵ سال سابقه بوده که ۳ سال آن در قدس نیرو می‌باشد. زمینه علاقمندی آقای فرج‌نیا پایداری فضاهای زیرزمینی، شیروانی، طراحی سدهای خاکی و تعیین ظرفیت باربری پی‌های سطحی می‌باشد.

**Email:**  
rfarajniya@yahoo.com



# بررسی پارامترهای تأثیرگذار بر انتقال حرارت در محفظه احتراق به روش عددی و تجربی

منصور نصر اصفهانی

کارشناس مکانیک - SBU نیروگاه

کلمات کلیدی: محفظه احتراق و دینامیک سیالات محاسباتی

## چکیده

یکی از مباحث مهم در محفظه احتراق میزان انتقال حرارت می باشد که بر روی راندمان و عملکرد محفظه احتراق اثر بسزایی دارد. در این مقاله اثر پارامترهای مختلف نظیر تأثیر جریان سوخت و هوا در انتقال حرارت در محفظه احتراق مورد بررسی قرار گرفته است و در نهایت این نتیجه حاصل می شود که در محدوده عددهای رینولدز بالا نمودارهای دما و سرعت (گازهای حاصل از احتراق) حاصل از تحلیل عددی (دینامیک سیالات محاسباتی) همپوشی خوبی با نمودار دمای حاصل از داده های تجربی دارد. اما در محدوده عددهای رینولدز پایین نمودار دمای حاصل از تحلیل عددی با نمودار حاصل از داده های تجربی دارای انطباق قابل قبولی نمی باشد. دما در نزدیکی دیواره محفظه به دلیل خنک کاری جداره محفظه احتراق کاهش می یابد.

## ۱- مقدمه

سیر تکاملی مطالعات انجام شده بر روی پارامترهای تأثیرگذار بر انتقال حرارت محفظه احتراق توسط کیوات و همکارانش [۱] افزایش انتقال حرارت در جریان هوای عبوری در یک مسیر چرخشی از بالای محفظه احتراق مورد بررسی قرار داده اند. فان و همکارانش [۲] یک آنالیز تابشی معکوس برای تخمین نرخ انتقال حرارت و توزیع دما در منطقه احتراق را ارائه می دهند. فیلپ و هیل [۳] احتراق یک مخلوط همگن پیچشی از گاز طبیعی و هوا در یک محفظه استوانه ای کوتاه توسط آزمایش و شبیه سازی عددی را مورد بررسی قرار داده اند. به هر مخلوط یک حرکت پیچشی پایدار توسط یک دیسک دوار قبل از جرقه زنی درون محفظه احتراق داده شده است.

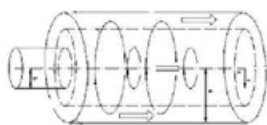
در مطالعات پیشین پارامترهای تأثیرگذار بر انتقال حرارت محفظه احتراق به صورت کلی بررسی می شود. در این مقاله اثر تأثیر جریان سوخت و هوا، عدد رینولدز ... بررسی و در اثر آن انتقال حرارت بهینه محفظه احتراق مشخص می شود. نتایج به صورت نمودار عددی و داده های تجربی محفظه احتراق مقایسه می شود که نتایج حاصل از حل عددی در عدد رینولدزهای بالا با نتایج تجربی همپوشی خوبی را نشان می دهند.

## ۲- تحلیل معادلات تئوری محفظه احتراق

در این مقاله اثر پارامترهای مختلف نظیر تأثیر جریان سوخت و هوا در انتقال حرارت در محفظه احتراق مورد بررسی قرار گرفته است که در زیر معادلاتی که در حل عددی به کار رفته مورد بررسی قرار می گیرد.

## ۳- انتخاب مدل فیزیکی

با توجه به معلومات اولیه، در این مقاله با به کارگیری شبیه سازی محفظه احتراق به بررسی هندسه محفظه احتراق، تحلیل احتراق و انتقال حرارت پرداخته شده است. در شبیه سازی به کار گرفته شده، هندسه محفظه احتراق به صورت مختصات کارتزین  $X, Y$ ، وارد می شود و به کمک نرم افزار فلونت تحلیل می گردد. مدل محفظه یک مدل دوبعدی می باشد که دارای یک قسمت نازل ورودی، یک قسمت محفظه احتراق و قسمت خنک کاری دیواره می باشد (شکل ۱).



شکل (۱): مدل محفظه احتراق با خنک کاری دیواره

## ۴- معادلات حاکم بر جریان

با توجه به مدل انتخابی معادلات حاکم بر جریان به صورت زیر می باشد:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) = s_m \quad (1)$$

$$\nabla \cdot (\Gamma \nabla G) - aG + 4a\sigma T^4 = S_G \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial t} (\rho \vec{v}) + \nabla \cdot (\rho \vec{v} \vec{v}) = -\nabla p + \nabla \cdot (\tau) + \rho g + F \quad (3)$$

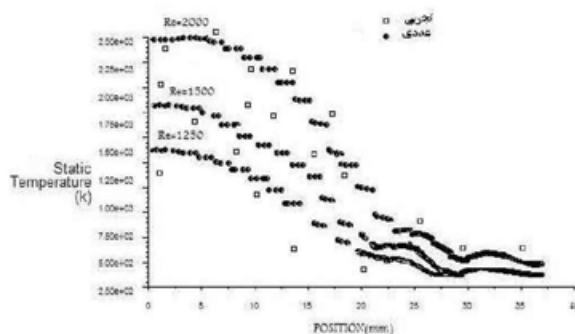


معادلات ۱ تا ۳ معادله پیوستگی، انرژی مدل P-1 و مومنتم می‌باشند که در حل عددی تحلیل شده و همگرا می‌شوند.

## ۵- نتایج تحلیل دمای استاتیک گازهای حاصل از احتراق در

### محفظه

پس مدل کردن محفظه احتراق و مقایسه نتایج بدست آمده از حل عددی با نتایج تجربی، می‌توان نتیجه گرفت که نمودارهای دما موجود در شکل (۲) نشان می‌دهد که در محدوده عددی رینولدز بالا نمودار حاصل از تحلیل عددی همپوشی خوبی با نمودار حاصل از داده‌های تجربی دارد. اما در محدوده عددی رینولدز پایین، نمودار دمای حاصل از تحلیل عددی با نمودار حاصل از داده‌های تجربی دارای انطباق قابل قبولی نمی‌باشد. دما در نزدیکی دیواره محفظه کاهش یافته و در قسمت مرکز محفظه به بیشترین مقدار خود می‌رسد و با حرکت در طول محفظه دما کاهش می‌یابد. [۴]

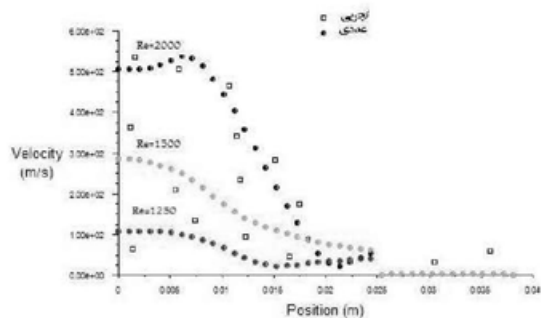


شکل (۲): تغییرات دمای استاتیک گاز با تغییر عدد رینولدز در مقطع میانی محفظه

با توجه به نمودارهای دما برای سه عدد رینولدز به این نتیجه می‌رسیم که هر چه عدد رینولدز بالاتر می‌رود، اغتشاش جریان بیشتر و ماکزیمم دما در این حالت بیشتر خواهد بود. وجود جریان مغشوش از این لحاظ که نرخ انتقال گرما را افزایش می‌دهد، دارای مزیت است.

## ۶- تحلیل سرعت گازهای حاصل از احتراق در محفظه

با توجه به شکل (۳) سرعت در مقطع میانی که ناحیه احتراق می‌باشد، برای سه عدد رینولدز مختلف می‌بینیم که هر چه عدد رینولدز بالاتر می‌رود، نمودار سرعت در عدد رینولدز بالاتر نسبت به عدد رینولدز پایین، تخت‌تر می‌شود و اغتشاش جریان بیشتر خواهد شد. همچنین در محدوده عددی رینولدز بالا نمودار حاصل از تحلیل عددی همپوشی خوبی با نمودار حاصل از داده‌های تجربی دارد. اما در محدوده عددی رینولدز پایین نمودار حاصل از تحلیل عددی با نمودار حاصل از داده‌های تجربی انطباق قابل قبولی نمی‌باشد.



شکل (۳): تغییرات سرعت گاز با تغییر عدد رینولدز و نسبت سوخت به هوا در مقطع میانی محفظه

## ۷- نتیجه‌گیری و جمع‌بندی

با توجه به مباحث ذکر شده مشخص می‌شود پروفیل دما در قسمت ناحیه مرکزی مرکز محفظه به بیشترین مقدار می‌رسد و در نزدیکی دیواره محفظه کاهش می‌آید. در این مقطع از محفظه، بدلیل ایجاد موج انفجار، دما بیشترین مقدار را خواهد داشت. هر چه در طول محفظه جلوتر می‌رویم دما کاهش می‌یابد که میزان این کاهش درجه حرارت بستگی به درصد هوای ترکیب شده با سوخت دارد. در محدوده اعداد رینولدز بالا، نمودار حاصل از تحلیل عددی همپوشی مناسبی با نمودار حاصل از داده‌های تجربی دارد. در این حالت سرعت در مرکز محفظه احتراق بیشترین مقدار را داشته و با نزدیک شدن به دیواره محفظه، سرعت ذرات کمتر می‌شود. بدلیل آنکه روی دیواره‌ها اثرات لایه مرزی در نظر گرفته شده است، طبق اصل عدم لغزش روی دیواره‌ها، هر چه عدد رینولدز بیشتر می‌شود جریان گاز مغشوش‌تر شده و در نتیجه پروفیل سرعت تخت‌تر خواهد شد و هر چه در طول محفظه جلوتر می‌رویم با جریان توسعه یافته‌تری روبرو می‌شویم. در نتیجه در محدوده عدد رینولدز بالا نمودار حاصل از تحلیل عددی همپوشی خوبی با نمودار حاصل از داده‌های تجربی دارد که این اثرات در نمودارها مشخص می‌باشند. با افزایش عدد رینولدز میزان انتقال حرارت بیشتر می‌شود، اثر این انتقال حرارت تأثیر بسزایی در طراحی، قیمت، نحوه ساخت، راندمان و عملکرد محفظه احتراق دارد [۵].

### فهرست علائم

Re عدد رینولدز،  $N/m^2$

### علائم یونانی

$\rho$  نسبت جرم،  $kg/m^3$

### مراجع

- [1]- M.D. Kevat, A.R. Patel, P. Prabhakaran, "Heat transfer augmentation in air flow passing through a swirl path over a combustion chamber.", Received 1 September

2004; accepted 26 November 2004. Available online 17 February 2005

- [2]- H. Fan & Bingxi Lib & Lidan Yangb & Ruzhu Wanga, "Simultaneous estimation of the temperature and heat rate distributions within the combustion region by a new inverse radiation analysis". *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer* 74 (2002) 75–83
- [3]- A. Phlip & G. Hill, "Effect of Swirl on Combustion in a Short Cylindrical Chamber". *combustion flame* 106:318-332 (1996)
- [4]- L. I. Zaichik & V. A. Pfrshukov & M. V. ozelev & A. Vinberg, "Modeling of Dynamics, Heat Transfer, and Combustion in Two-Phase Turbulent Flows: Flows with Heat Transfer and Combustion". *Experimental Thermal and Fluid Science* 1997; 15:311-322 © Elsevier Science Inc., 1997
- [5]- G. Castanet & M. Lebouche, "Heat and mass transfer of combusting monodisperse droplets in a linear stream". *International Journal of Heat and Mass Transfer* 48 (2005) 3261–3275

آقای منصور نصرافهانی دارای کارشناسی ارشد مکانیک (طراحی کاربردی) از دانشگاه علم و صنعت ایران بوده و جمعاً ۶ سال سابقه کار دارد که ۲ سال آن در قدس نیرو می باشد. زمینه کاری و علاقمندی ایشان در زمینه سیستم آتش نشانی نیروگاه می باشد.

**Email:**  
[mnasresfahani@ghods-niroo.com](mailto:mnasresfahani@ghods-niroo.com)



# مکان یابی محل احداث نیروگاه های گازی ۱ و ۲ زنجان با رویکرد محیط زیستی

علی سمیعی

کارشناس ارشد گروه محیط زیست و منابع آب - SBU آب

اکبر مقدم

کارشناس ارشد گروه محیط زیست و منابع آب - SBU آب

کلید واژه: مکان یابی- نیروگاه گازی- رویکرد محیط زیستی- زنجان.

## چکیده

در این مطالعه به بررسی و انتخاب مناسب ترین مکان جهت احداث نیروگاه های ۵۰۰ مگاواتی گازی ۱ و ۲ زنجان (قابل تبدیل به سیکل ترکیبی) در محدوده استان زنجان پرداخته شده است. جهت انتخاب مناسب ترین مکان برای احداث این پروژه از مدل اکولوژیکی توسعه فعالیت های شهری- صنعتی مخدوم (۱۳۷۸) که یک روش ارزیابی چند عامله است، استفاده گردید. این مدل در برگزیده سه طبقه یا اولویت جهت تشخیص سرزمین های مناسب از نامناسب برای اجرای فعالیت های توسعه ای می باشد. طبقه اول زمین های مناسب، طبقه دوم زمین های نسبتاً مناسب و طبقه سوم زمین های نامناسب برای توسعه را به ما نشان می دهد. براساس این روش، هنگامی که انجام فعالیت توسعه در منطقه ی مدنظر باشد، لازم است ابتدا ویژگی ها و خصوصیات آن سرزمین، شناسایی شده، در گام بعد با استفاده از منطق قیاس ویژگی های محیط زیست منطقه با ویژگی های هر کدام از طبقات مدل بوم شناختی یاد شده مورد بررسی قرار گرفته و نتیجه حاصل به صورت نقشه که روی آن محل های مناسب و نامناسب جهت انجام توسعه مشخص شده تولید گردد. جهت شناسایی مکان های مناسب، وضعیت موجود محیط زیست در قالب محیط فیزیکی و محیط طبیعی و محیط زیست انسانی در محدوده مطالعاتی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. با توجه به ضوابط و استانداردهای محیط زیستی موجود در کشور، ۲۷ فاکتور و معیار جهت انتخاب گزینه های ساختگاه نیروگاه های گازی ۱ و ۲ زنجان تعیین و در چکلیستی ارائه شد. با انجام مطالعات اولیه و تهیه نقشه های طبقات شیب زمین، ارتفاع از سطح دریا و جهت های جغرافیایی و واحدهای شکل زمین مجموعاً حدود ۹۰ اکوسیستم کلان (واحد شکل زمین) در محدوده استان زنجان شناسایی گردید. از اکوسیستم های مزبور ۶ نوع واحد شکل زمین به عنوان مکان های مناسب و ۱۴ واحد نیز به عنوان مکان های نسبتاً مناسب، تعیین گردید. در مرحله بعد با تلفیق اطلاعات زمین شناسی، زلزله، منابع آب و ... بازدیدهای صحرایی اولیه در مناطق مناسب و نسبتاً مناسب، مجموعاً ۷ نقطه جهت استقرار نیروگاه های گازی ۱ و ۲ زنجان معین شد. بر اساس نتایج بدست آمده، گزینه ۵ (در محور زنجان- میانه) حائز رتبه اول و سایر گزینه ها در رتبه های بعدی قرار گرفتند.

## ۱- مقدمه

صنعتی شدن محسوب می شود. در آن زمان مشکلات محیط زیست و توسعه معمولاً به طور جداگانه نگریسته می شد و لذا نیاز به ترکیب نمودن حفاظت از محیط زیست و توسعه احساس گردید. علیرغم منافع اقتصادی و اجتماعی احداث و بهره برداری از نیروگاه های تولید برق در هر منطقه، لازم است طی مطالعات مکان یابی و امکان سنجی، به آثار محیط زیستی آنها نیز پرداخته شده و مکانی برای احداث نیروگاه در نظر گرفته شود که حداقل آثار منفی محیط زیستی را متوجه محیط بوم شناختی و اقتصادی- اجتماعی منطقه بنماید. طی مطالعات مکان یابی و امکان سنجی، آثار محیط زیستی حاصل از اجرای پروژه بر محیط زیست منطقه (مانند بروز

منابع طبیعی هر سرزمین به عنوان عنصر اصلی رشد و توسعه آن بوده که در کنار منابع انسانی و مالی می تواند زیربنای توسعه اقتصادی- اجتماعی را در آن سرزمین پدید آورند. بهره برداری از منابع مزبور در صورتی مثمر ثمر واقع می گردد که با هدف نیل به روند بهینه و پایداری از رشد و توسعه صورت پذیرفته و برخوردار از سطوح متناسبی از دانش و آگاهی به همراه بکارگیری فناوری و مدیریت این منابع باشد. برگزاری کنفرانس استکهلم سوئد در سال ۱۹۷۲ به عنوان شروعی برای نگرانی های جهان در خصوص اثرات محیط زیستی ناشی از



آلودگی‌ها در محیط) و اثرات محیط زیست منطقه بر پروژه (مثلاً قرار گرفتن محل احداث نیروگاه در برابر لغزش‌های زمین) مورد بررسی قرار گرفته و بهترین مکان جهت اجرای توسعه مشخص می‌گردد.

## ۲- مواد و روش‌ها

محدوده مطالعاتی شامل کل استان زنجان با وسعت ۲۲۰۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد (موقعیت جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۲ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۱۸ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۲۵ دقیقه طول شرقی). منطقه مطالعاتی از نظر تقسیمات حوزه آبریز در حوزه‌های آبریز زنجان رود، قزل‌اوزن، ابررود و خررود قرار گرفته است. بخش عمده مساحت این محدوده را اراضی مرتفع و با شیب زیاد و نسبتاً زیاد کوهستانی تشکیل داده و سهم اراضی کم‌شیب و دشت‌ها کمتر می‌باشند (حدود ۶۵ درصد مساحت منطقه شامل کوه‌ها و تپه‌ها و ۳۵ درصد دشت‌های مرتفع). از نظر ارتفاع، بلندترین نقطه در استان زنجان در ارتفاع حدود ۳۱۰۰ متری در شهرستان ماه‌نشان در غرب استان زنجان و پست‌ترین نقطه نیز حدود ۵۰۰ متر از سطح دریا و در قسمت انتهایی رودخانه قزل‌اوزن در داخل استان قرار دارد.

جهت انتخاب مناسب‌ترین مکان برای احداث این پروژه از مدل بوم‌شناختی توسعه فعالیت‌های شهری- صنعتی مخدوم (۱۳۷۸) که یک روش ارزیابی چند عامله است، استفاده گردید. این مدل در برگزیده سه طبقه یا اولویت جهت تشخیص سرزمین‌های مناسب از نامناسب برای اجرای فعالیت‌های توسعه‌ای می‌باشد. طبقه اول زمین‌های مناسب، طبقه دوم زمین‌های نسبتاً مناسب و طبقه سوم زمین‌های نامناسب برای توسعه را به ما نشان می‌دهد. بر اساس این روش، هنگامی که انجام فعالیت توسعه در منطقه‌ی مدنظر باشد، لازم است ابتدا ویژگی‌ها و خصوصیات آن سرزمین، شناسایی شده، در گام بعدی با استفاده از منطق قیاس ویژگی‌های محیط زیست منطقه با ویژگی‌های هر کدام از طبقات مدل یاد شده مورد بررسی قرار گرفته و نتیجه حاصل به صورت نقشه که روی آن محل‌های مناسب و نامناسب جهت انجام توسعه مشخص شده تولید گردد. ارتفاع از سطح دریا، شیب، جهت جغرافیایی شیب، دما، رطوبت، سرعت و جهت باد غالب، خاک، سنگ مادر، کمیت آب، پوشش گیاهی و حیات وحش از جمله عواملی هستند که در این مدل در نظر گرفته شده است (جدول ۱). سپس با تلفیق نتایج بدست آمده از پارامترهای بوم‌شناختی با پارامترهای اقتصادی- اجتماعی اولویت‌بندی مناطق جهت احداث پروژه مد نظر قرار می‌گیرد. جهت شناسایی مکان‌های مناسب احداث نیروگاه‌های یاد شده، وضعیت موجود

محیط‌زیست در قالب محیط فیزیکی و محیط طبیعی و محیط زیست انسانی در محدوده مطالعاتی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. پس از تعیین گزینه‌های ساختگاه نیروگاه، عوامل محیط‌زیست انسان‌ساخت نظیر شهرها، جاده‌ها و سایر مراکز تجمع فعالیت‌های انسانی در آنها بررسی گردید. در نهایت تلفیق ویژگی‌های شکل زمین، وضعیت زمین‌شناسی، استعداد لرزه‌خیزی، منابع آب، وضعیت هواشناسی، شرایط خاک، ویژگی‌های اقتصادی- اجتماعی و ... تکلیف نوع استفاده از سرزمین را با استفاده از مدل بوم‌شناختی مشخص خواهد کرد. با توجه به ضوابط و استانداردهای محیط زیستی موجود در کشور، ۲۷ فاکتور و معیار جهت انتخاب گزینه‌های ساختگاه نیروگاه‌های گازی ۱ و ۲ زنجان تعیین و در چک لیستی ارائه شد. در راستای تعیین مکان‌های استقرار گزینه‌های ساختگاه نیروگاه عوامل زیر مورد توجه قرار گرفتند: حریم محیط زیستی شهر زنجان و سایر مناطق مسکونی محدوده مطالعاتی، فاصله از بزرگراه‌ها و جاده‌ها و راه‌آهن، فاصله از رودخانه‌ها، جهت باد غالب، کاربری اراضی، مناطق چهارگانه تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط‌زیست، ارتفاع از سطح دریا، شیب زمین، جهت، پستی و بلندی و شکل زمین. این پارامترها با توجه به نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰۰ منطقه و با استفاده روش روی هم‌گذاری نقشه‌ها در نرم‌افزار Arcview، برای هر انتخاب مکان‌های مناسب مد نظر قرار گرفته‌اند.

## ۳- نتایج

### ۳-۱- وضعیت موجود محیط زیست

در اولین گام سه عامل ارتفاع از سطح دریا، شیب زمین و جهت جغرافیایی شیب به عنوان عوامل اصلی شکل زمین در این بررسی به صورت (جدول ۲) مد نظر قرار گرفته‌اند. به دلیل شرایط خاص فیزیوگرافی با توجه به نیاز مطالعاتی و وضعیت ارتفاعی این منطقه، طبقه‌بندی ارتفاع در قالب طبقات ۴۰۰ متری بررسی شده است. در این بررسی طبقات (۱) و (۲) یعنی ارتفاعات کمتر از ۱۰۰۰ و ۱۴۰۰-۱۰۰۰ متر از سطح دریا مکان‌هایی مناسب و طبقه ۳ یعنی ارتفاعات ۱۸۰۰-۱۴۰۰ متر از سطح دریا به عنوان مکان‌های نسبتاً مناسب و طبقات ۴ و ۵ یعنی ارتفاعات ۲۲۰۰-۱۸۰۰ و بیشتر از ۲۲۰۰ متر به عنوان مکان‌های نامناسب از نظر ارتفاعی مد نظر قرار گرفته‌اند. باتوجه به وضعیت خاص فیزیوگرافی، طبقات شیب در ۷ طبقه به صورت جدول (۳) انتخاب شدند. شیب‌های طبقات ۱، ۲ و ۳ به عنوان شیب‌های مناسب؛ شیب‌های طبقه ۴ (۱۲-۸ درصد) به عنوان شیب نسبتاً مناسب و شیب‌های بیش از ۱۲ درصد یعنی طبقات (۵)، (۶) و (۷) به عنوان

جدول (۱): وضعیت پارامترهای بوم شناختی در مدل توسعه شهری- صنعتی مخدوم (۷۸)

پارامترها	مناسب	نسبتاً مناسب	نامناسب
میانگین بارندگی سالانه	۵۰۰-۸۰۰ mm	هر نوع اقلیم و آب و هوای باستانی طبقه نامناسب	مسیر گردبادها، بادهای شدید موسمی، سرعت باد غالب بیش از ۵۰ km در ساعت
متوسط دمای سالانه	۱۸-۲۴ درجه سانتیگراد		
درصد رطوبت	۶۰-۸۰		
سرعت باد غالب	تا ۳۵km در ساعت		
شکل زمین	میان بند	دشت و شبه‌دشت	دره‌ها و موقعیت‌های کاسه مانند
درصد شیب	۱۳	۱۳-۲۰	بیش از □ درصد
ارتفاع از سطح دریا	۴۰۰-۱۲۰۰ متر	۰-۴۰۰ و ۱۲۰۰-۱۸۰۰	بیش از □□ متر
جهت جغرافیایی	(آب و هوای معتدل) جنوبی- (نیمه گرمسیری) شرقی	غربی- شرقی (معتدله)، شمالی (نیمه گرمسیری)	شمالی (معتدله)، جنوبی- غربی (نیمه گرمسیری)
سنگ مادر	ماسه سنگ، روانه‌های بازالت، آبرفتی	آهک و رس، گرانیت، توف‌های شکافدار، روانه‌های بین چینه‌ی، لس و آبرفتی	مارن، شیست، گسل پیدا و پنهان، تپه‌های ماسه‌ی و دشت‌های سیلابی
بافت خاک	لومی و لومی رسی	شنی عمیق، شن لومی کم عمق، لومی کم عمق تا متوسط، لومی رسی کم عمق تا متوسط	شنی کم عمق، رسی سنگین، هیدرومورف
عمق خاک	عمیق	-	-
شرایط زهکشی خاک	خوب تا کامل	متوسط تا خوب	ناقص
ساختمان خاک	نیمه تحول یافته تا تحول یافته	نیمه تحول یافته	کم تحول یافته- دانه‌بندی خیلی ریز
منابع آب	۲۲۵-۳۰۰ لیتر در روز برای هر نفر	۱۵۰-۲۲۵ لیتر	کمتر از ۱۵۰ لیتر
تراکم پوشش گیاهی	کمتر از ۳۰ درصد	۳۰-۶۰ درصد (درختی)؛ کمتر از ۵۰ درصد (علفی)	بیش از □ درصد (درختی)؛ بیش از □ درصد (علفی)

جدول (۲): طبقات ارتفاعی در منطقه مطالعاتی

طبقه ارتفاعی	۱	۲	۳	۴	۵
ارتفاع از سطح دریا (متر)	۱۰۰۰ >	۱۰۰۰-۱۴۰۰	۱۴۰۰-۱۸۰۰	۱۸۰۰-۲۲۰۰	>۲۲۰۰

جدول (۳): طبقات شیب در منطقه مطالعاتی

طبقه شیب	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
درصد شیب	۰-۲	۲-۵	۵-۸	۸-۱۲	۱۲-۱۵	۱۵-۲۰	بیش از ۲۰



شیب‌های نامناسب ساختگاه مورد بررسی قرار گرفته‌اند. جهت شیب در این مطالعه در چهار جهت اصلی و طبقه P (بدون جهت) محاسبه شده است. مناطقی که دارای شیب طبقات (۱)، (۲) و (۳) می‌باشند، P (بدون جهت) در نظر گرفته شده است (جدول ۴). طبقه (۱) یعنی شیب‌های صفر تا ۸ درصد به عنوان جهت مناسب و سایر جهت‌های جغرافیایی به عنوان جهت‌های جغرافیایی نسبتاً مناسب و نامناسب بسته به شیب آنها تعیین و مورد بررسی قرار گرفته‌اند. سپس نقشه طبقات ارتفاع از سطح دریا، درصد شیب زمین و جهت‌های جغرافیایی در نرم‌افزار Arc view روی هم‌گذاری شده و نقشه‌های شکل زمین ایجاد گردید. بررسی نقشه واحدهای شکل زمین در محدوده مطالعاتی بیانگر آن است که از ۱۷۵ اکوسیستم کلان (واحد شکل زمین) مورد انتظار، ۹۰ اکوسیستم در این منطقه وجود دارند. جدول شماره (۵) ویژگی‌های واحدهای شکل زمین مزبور (اکوسیستم‌های کلان) را نشان می‌دهد.

پوشش گیاهی طبیعی در استان زنجان شامل گونه‌های گیاهی مرتعی است که قسمت اعظم مساحت این استان را از نظر کاربری اراضی به خود اختصاص می‌دهند. مراتع در استان زنجان در مجموع در ۲۰ تیپ گیاهی قرار می‌گیرند. مراتع استان، بخش‌هایی از حوزه آبریز سفیدرود، مرداب، طالش و حوزه آبریز مرکزی و همدان که بالغ بر ۱۰۰۸۷۰۰ هکتار است را پوشش می‌دهد. پوشش جنگلی به صورت بسیار محدود در حاشیه مرز شمال شرقی استان در شهرستان آبر ب وجود دارد. عمده‌ترین گونه‌های غالب مراتع مورد مطالعه عبارتند از:

*Artemisia SP.*, *Hordeum SPP.*, *Astragalus SPP.*, *Aegilups SPP.*,  
*Bromus tectorum*, *Phalaris minor*, *Agropyron tauri*,  
*Bromus SPP.*,  
*Agropyron trichophorum*, *Agropyron aucheri*,  
*Acantholimon scoparilus*,  
*Prennial grasses*, *Thymus kotschyanus*, *Hulthemia persica*,  
*Festuca ovina*, *Festuca SPP.*, *poa SPP.*, *Trifollum SPP.*,  
*Acantholimon SPP.*, *Acanthophllum SPP.*, *Artemisia herba-alba*,  
*Annual grasses*, *Stipa hohenackeriana*, *Artemisia aucheri*.

عامل مورد بررسی دیگر موقعیت مناطق حفاظت شده تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست می‌باشد که نقشه پراکنش این مناطق نیز در رویهم‌گذاری نقشه‌ها بکار رفت. منطقه حفاظت شده سرخ‌آباد، منطقه حفاظت شده انگوران، پناهگاه حیات وحش انگوران و منطقه شکار ممنوع سرخ‌آباد در استان زنجان قرار گرفته‌اند.

اولویت عوامل و ویژگی‌های شکل زمین و اکوسیستم‌های کلان

در این مدل به ترتیب شامل شیب زمین، ارتفاع از سطح دریا، جهت جغرافیایی شیب و شکل زمین، به عنوان عوامل فیزیکی و پوشش گیاهی و حیات وحش به عنوان عوامل طبیعی می‌باشند. ویژگی‌های عوامل فیزیکی و طبیعی مزبور در طبقات (۱)، (۲) و (۳) مدل اکولوژیکی به صورت جدول شماره (۶) می‌باشند. از مجموع ۹۰ اکوسیستم کلان شناسایی شده، ۶ نوع واحد شکل زمین به شرح جدول (۷) به عنوان مکان‌های مناسب و ۱۴ واحد نیز به عنوان مکان‌های نسبتاً مناسب (جدول ۸) بر اساس خصوصیات گفته شده در فوق، تعیین گردید. سپس اطلاعات مربوط به پوشش گیاهی، حیات وحش و مناطق تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست به اطلاعات حاصل اضافه گشته و مکان‌های نامناسب شامل ارتفاعات بیش از ۱۸۰۰ متر، شیب‌های بیشتر از ۱۲ درصد و همچنین مناطق تحت مدیریت سازمان حفاظت محیط زیست مشتمل بر منطقه حفاظت شده سرخ‌آباد، منطقه حفاظت شده و پناهگاه حیات وحش انگوران و همچنین منطقه شکار ممنوع خراسانلو مشخص شدند.

#### ۴- نتیجه‌گیری

در بازبدهای میدانی به عمل آمده مجموعاً هفت نقطه در محدوده استان از میان مناطق مناسب و نسبتاً مناسب در محورهای جاده‌ای زنجان-میانه، زنجان-خلخال و زنجان-بیجار مشخص شد. اطلاعات مربوط به محیط زیست انسان ساخت شامل نقاط شهری و روستایی، مناطق صنعتی و راه‌ها و راه‌آهن به اطلاعات مزبور اضافه گشته و حاصل کار مطالعات محیط زیستی نیروگاه‌های ۱ و ۲ گازی زنجان براساس ضوابط و استانداردهای سازمان حفاظت محیط زیست، جهت بادهای غالب، مسائل مربوط به تامین آب و ... به صورت جدول (۹) ارائه گردیده‌اند. در ادامه بر اساس مطالعات صورت گرفته و با توجه به جمیع ۲۷ فاکتور منظور شده در جدول شماره (۹) گزینه (۵) حائز رتبه اول، گزینه (۴) رتبه دوم، گزینه (۶) رتبه سوم، گزینه (۳) رتبه چهارم، گزینه (۲) رتبه پنجم، گزینه (۱) رتبه ششم و گزینه (۷) رتبه هفتم را کسب می‌نمایند. لازم به ذکر است که گزینه (۷) به دلیل نزدیکی به شهرک و روستای قمچقا و قرار گرفتن در طبقه نسبتاً مناسب ارتفاعی و گزینه (۱) به دلیل مجاورت با منطقه حفاظت شده سرخ‌آباد در رتبه‌های آخر قرار گرفته و از لیست گزینه‌ها حذف گردیدند. نقشه (۱) موقعیت گزینه‌های پیشنهادی و گزینه انتخابی جهت احداث نیروگاه‌های ۵۰۰ مگاواتی را نشان می‌دهد.



جدول (۴): جهات جغرافیایی دامنه‌ها

۵	۴	۳	۲	۱	طبقه جهت
غرب (W)	جنوب (S)	شرق (E)	شمال (N)	بدون جهت (P)	جهت شیب

جدول (۵): واحدهای شکل زمین (اکوسیستم کلان) در محدوده مطالعاتی

شیب (درصد)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	جهت شیب	کد واحد شکل زمین	شیب (درصد)	ارتفاع از سطح دریا (متر)	جهت شیب	کد واحد شکل زمین
۸-۱۲	۰-۱۰۰۰	شمال	۴۱۲	۰-۲	۰-۱۰۰۰	دشت	۱۱۱
۱۲-۱۵	۱۸۰۰-۲۲۰۰	جنوب	۵۴۴	۰-۲	۱۰۰۰-۱۴۰۰	دشت	۱۲۱
۱۲-۱۵	۱۸۰۰-۲۲۰۰	غرب	۵۴۵	۰-۲	۱۴۰۰-۱۸۰۰	دشت	۱۳۱
۱۲-۱۵	>۲۲۰۰	شمال	۵۵۲	۰-۲	۱۸۰۰-۲۲۰۰	دشت	۱۴۱
۱۲-۱۵	>۲۲۰۰	شرق	۵۵۳	۰-۲	بیش از ۲۲۰۰	دشت	۱۵۱
۱۲-۱۵	>۲۲۰۰	جنوب	۵۵۴	۲-۵	۰-۱۰۰۰	دشت	۲۱۱
۱۲-۱۵	>۲۲۰۰	غرب	۵۵۵	۲-۵	۱۰۰۰-۱۴۰۰	دشت	۲۲۱
۱۵-۲۰	۰-۱۰۰۰	شمال	۶۱۲	۲-۵	۱۴۰۰-۱۸۰۰	دشت	۱۲۳
۱۵-۲۰	۰-۱۰۰۰	شرق	۶۱۳	۲-۵	۱۸۰۰-۲۲۰۰	دشت	۲۴۱
۱۵-۲۰	۰-۱۰۰۰	جنوب	۶۱۴	۲-۵	>۲۲۰۰	دشت	۲۵۱
۱۵-۲۰	۰-۱۰۰۰	غرب	۶۱۵	۵-۸	۰-۱۰۰۰	دشت	۳۱۱
۱۵-۲۰	۱۰۰۰-۱۴۰۰	شمال	۶۲۲	۵-۸	۱۰۰۰-۱۴۰۰	دشت	۳۲۱
۱۵-۲۰	۱۰۰۰-۱۴۰۰	شرق	۶۲۳	۵-۸	۱۴۰۰-۱۸۰۰	دشت	۳۳۱
۱۵-۲۰	۱۰۰۰-۱۴۰۰	جنوب	۶۲۴	۵-۸	۱۸۰۰-۲۲۰۰	دشت	۳۴۱
۸-۱۲	>۲۲۰۰	جنوب	۴۵۴	۸-۱۲	>۲۲۰۰	دشت	۳۵۱
۱۵-۲۰	۱۰۰۰-۱۴۰۰	غرب	۶۲۵	۸-۱۲	۰-۱۰۰۰	شرق	۴۱۳
۱۵-۲۰	۱۴۰۰-۱۸۰۰	شمال	۶۳۲	۸-۱۲	۰-۱۰۰۰	جنوب	۴۱۴
۱۵-۲۰	۱۴۰۰-۱۸۰۰	شرق	۶۳۳	۸-۱۲	۰-۱۰۰۰	غرب	۴۱۵
۱۵-۲۰	۱۴۰۰-۱۸۰۰	جنوب	۶۳۴	۸-۱۲	۱۰۰۰-۱۴۰۰	شمال	۴۲۲
۱۵-۲۰	۱۴۰۰-۱۸۰۰	غرب	۶۳۵	۸-۱۲	۱۰۰۰-۱۴۰۰	شرق	۴۲۳
۱۵-۲۰	۱۸۰۰-۲۲۰۰	شمال	۶۴۲	۸-۱۲	۱۰۰۰-۱۴۰۰	جنوب	۴۲۴
۱۵-۲۰	۱۸۰۰-۲۲۰۰	شرق	۶۴۳	۸-۱۲	۱۰۰۰-۱۴۰۰	غرب	۴۲۵
۱۵-۲۰	۱۸۰۰-۲۲۰۰	جنوب	۶۴۴	۸-۱۲	۱۴۰۰-۱۸۰۰	شمال	۴۳۲
۱۵-۲۰	۱۸۰۰-۲۲۰۰	غرب	۶۴۵	۸-۱۲	۱۴۰۰-۱۸۰۰	شرق	۴۳۳
۱۵-۲۰	>۲۲۰۰	شمال	۶۵۲	۸-۱۲	۱۴۰۰-۱۸۰۰	جنوب	۴۳۴
۱۵-۲۰	>۲۲۰۰	شرق	۶۵۳	۸-۱۲	۱۴۰۰-۱۸۰۰	غرب	۴۳۵
۱۵-۲۰	>۲۲۰۰	جنوب	۶۵۴	۸-۱۲	۱۸۰۰-۲۲۰۰	شمال	۴۴۲
۱۵-۲۰	>۲۲۰۰	غرب	۶۵۵	۸-۱۲	۱۸۰۰-۲۲۰۰	شرق	۴۴۳
>۲۰	۱۰۰۰-۱۴۰۰	شمال	۷۲۲	۸-۱۲	۱۸۰۰-۲۲۰۰	جنوب	۴۴۴
				۸-۱۲	>۲۲۰۰	غرب	۴۴۵
				۸-۱۲	>۲۲۰۰	شمال	۴۵۲



جدول (۶): ویژگی‌های عوامل فیزیکی و طبیعی اکوسیستم‌ها در طبقات ۱، ۲ و ۳

طبقات	طبقات جهت	طبقات ارتفاع	طبقات شیب	پوشش گیاهی	حیات وحش	تناسب زمین
۱	۱	۱ ۲	۱ ۲ ۳	رویشگاه‌های مرتعی با پوشش بسیار تنک و کم‌ترام، اراضی کشاورزی	جانوران دشت‌زی	مناسب
۲	۱ ۲ ۳ ۴	۱ ۲ ۳	۳ ۴	رویشگاه‌های تنک مرتعی با تراکم کم و اراضی کشاورزی و باغات	جانوران میان‌دشت‌زی	نسبتاً مناسب
۳	۲ ۳ ۴ ۵	۴ ۵ ۶	۵ ۶ ۷	رویشگاه‌های مرتفع مرتعی، پناهگاه حیات وحش و مناطق حفاظت شده یاد شده	جانوران وحشی کوهستانی و جانوران موجود در پناهگاه حیات وحش و منطقه حفاظت‌شده انگوران، منطقه حفاظت‌شده سرخ‌آباد و منطقه شکار ممنوع خراسانلو	نامناسب

جدول (۷): ویژگی‌های عوامل فیزیکی و طبیعی پهنه‌های مناسب (طبقه ۱) جهت احداث نیروگاه‌های گازی ۱ و ۲ زنجان

کد واحد شکل زمین	جهت جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	درصد شیب	پوشش گیاهی طبیعی	حیات وحش
۱۱۱	دشت	کمتر از ۱۰۰۰	۰-۲	اراضی کشاورزی (اغلب دیم) و بستر رودخانه	احتمال وجود جانوران وحشی دشت‌زی شامل گراز، شغال، روباه، خرگوش، تشی
۱۲۱	دشت	۱۰۰۰-۱۴۰۰	۰-۲	اراضی کشاورزی (اغلب دیم) و بستر رودخانه، رویشگاه‌های مرتعی تنک	
۲۱۱	دشت	کمتر از ۱۰۰۰	۲-۵	اراضی کشاورزی (اغلب به صورت دیم)	
۲۲۱	دشت	۱۰۰۰-۱۴۰۰	۲-۵	رویشگاه‌های مرتعی تنک	
۳۱۱	دشت	کمتر از ۱۰۰۰	۵-۸		
۳۲۱	دشت	۱۰۰۰-۱۴۰۰	۵-۸		

جدول (۸): ویژگی‌های عوامل فیزیکی و طبیعی پهنه‌های نسبتاً مناسب (طبقه ۲) جهت احداث نیروگاه‌های گازی ۱ و ۲ زنجان

کد واحد شکل زمین	جهت جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا (متر)	درصد شیب	پوشش گیاهی طبیعی	حیات وحش
۳۳۱	دشت	۱۴۰۰-۱۸۰۰	۵-۸		
۴۱۲	شمال	کمتر از ۱۰۰۰	۸-۱۲		
۴۱۳	شرق	کمتر از ۱۰۰۰	۸-۱۲		
۴۱۴	جنوب	کمتر از ۱۰۰۰	۸-۱۲		
۴۱۵	غرب	کمتر از ۱۰۰۰	۸-۱۲		
۴۲۲	شمال	۱۰۰۰-۱۴۰۰	۸-۱۲		
۴۲۳	شرق	۱۰۰۰-۱۴۰۰	۸-۱۲		
۴۲۴	جنوب	۱۰۰۰-۱۴۰۰	۸-۱۲		
۴۲۵	غرب	۱۰۰۰-۱۴۰۰	۸-۱۲		
۴۳۲	شمال	۱۴۰۰-۱۸۰۰	۸-۱۲	رویشگاه‌های تنک مرتعی، دامنه‌های شمالی و اراضی کشاورزی و باغات و پوشش گیاهی منطقه حفاظت‌شده سرخ‌آباد و منطقه شکار ممنوع خراسانلو	احتمال وجود جانوران دشت‌زی و میان‌دشت‌زی شامل گراز، شغال، روباه، گرگ، خرگوش وحشی، پرنندگان شکاری و حیات‌وحش منطقه حفاظت‌شده سرخ‌آباد و خراسانلو
۴۳۳	شرق	۱۴۰۰-۱۸۰۰	۸-۱۲		
۴۳۴	جنوب	۱۴۰۰-۱۸۰۰	۸-۱۲		
۴۳۵	غرب	۱۴۰۰-۱۸۰۰	۸-۱۲		

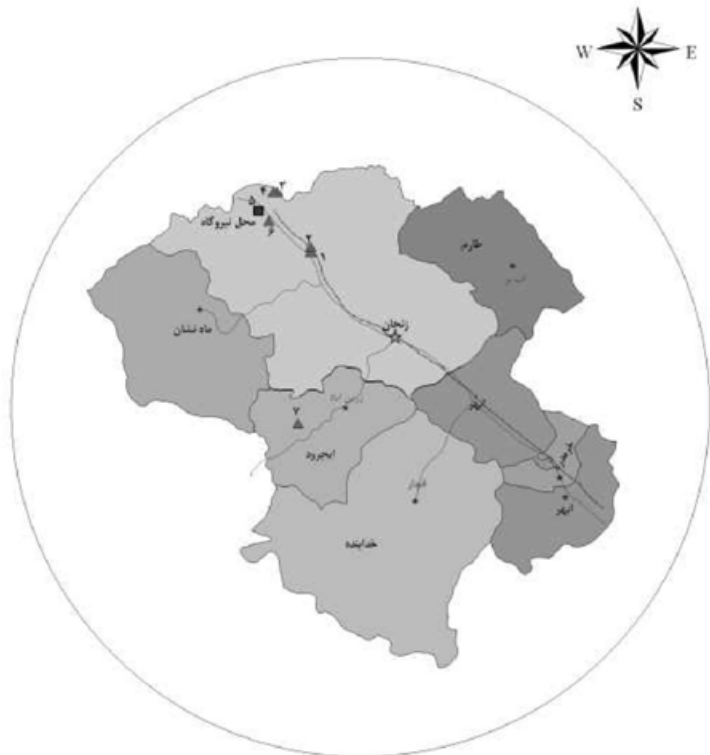


جدول (۹): چک لیست معیارهای زیست محیطی در ۷ گزینه مکانی نیروگاه‌های گازی ۵۰۰ مگاواتی ۱ و ۲ زنجان

ردیف	معیار	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
۱	تامین آب (انتقال آب به طول ... کیلومتر)	۲۵	۳۰	۴۰	۴۲/۵	۲/۵	۳	۳/۵
۲	فاصله از حریم زیست م - شهر زنجان (کیلومتر)	۲۲/۵	۲۴	۴۷/۵	۴۸	۴۵	۴۱	۲۵
۳	فاصله از حریم زیست م- شهر ( کیلومتر)	۲۲/۵	۲۴	---	---	---	---	۸
۴	فاصله از مراکز درمانی و آموزشی روستا (کیلومتر)	۰/۸	۱/۵	۱	۱/۲	۲/۵	۲	۱
۵	فاصله از نقاط مسکونی	۰/۸	۱/۵	۱	۱/۲	۲/۵	۲	۱
۶	فاصله از جاده و بزرگراه (کیلومتر)	۰/۸	۲/۵	۰/۲	۰/۴	۰/۸	۱/۵	۰/۸
۷	موقعیت جغرافیایی نسبت به شهر	NW	NW	NW	NW	NW	NW	E
۸	جهت باد غالب سالیانه	N-W	N-W	NE-SW	NE-SW	E-W	E-W	E-W
۹	جهت باد غالب فصل بهار	E-W	E-W	NE-SW	NE-SW	E-W	E-W	E-W
۱۰	جهت باد غالب فصل تابستان	E-W	E-W	NE-SW	NE-SW	E-W	E-W	E-W
۱۱	جهت باد غالب فصل پاییز	E-W	E-W	NE-SW	NE-SW	E-W	E-W	E-W
۱۲	جهت باد غالب فصل زمستان	E-W	E-W	NE-SW	NE-SW	E-W	E-W	E-W
۱۳	طرح‌های عمرانی	---	---	-	---	---	---	---
۱۴	کاربری اراضی اطراف (کشاورزی- مرتع- شهری- حفاظت)	ک-ش-ح	ک	ک	ک	ک-م	ک-م	ک-م
۱۵	کاربری اراضی محل سایت	ک	ک	ک	ک	ک	ک-م	ک
۱۶	فاصله از رودخانه دائمی و قنات (رودخانه- کیلومتر)	۱	زنجانرود - ۳ -	زنجانرود - ۶/۵ -	زنجانرود ۶ -	زنجانرود د- ۱/۲	زنجانرود ۱/۵	قمچیه‌گاه-۱
۱۷	فاصله از منطقه حفاظت شده سرخ‌آباد	در مجاورت	۵	۲۷	۲۸	۲۳	۱۸	۴۵
۱۸	فاصله از منطقه حفاظت شده باشکل	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100
۱۹	فاصله از منطقه حفاظت شده انگوران (کیلومتر)	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۰	۳۸	۵۵
۲۰	فاصله از پناهگاه حیات وحش انگوران (کیلومتر)	۴۵	۴۵	۴۵	۴۵	۴۰	۳۸	۵۵
۲۱	فاصله از پارک ملی	-	-	-	-	-	-	-
۲۲	فاصله از منطقه شکار ممنوع خراسانلو (کیلومتر)	۱۰۰	>100	>100	>100	>100	>100	۸۰>
۲۳	ارتفاع از سطح دریا (متر)	۱۳۴۰	۱۳۴۰	۱۲۷۰	۱۲۴۰	۱۱۹۵	۱۲۱۵	۱۶۶۰
۲۴	درصد شیب	۲-۵	۲-۵	۵-۸	۵-۸	۰-۲	۲-۵	۸-۱۲
۲۵	جهت شیب	دشت	دشت	دشت	دشت	دشت	دشت	شرق
۲۶	واحد شکل زمین	۲۲۱	۲۲۱	۲۲۱	۳۲۱	۱۲۱	۲۲۱	۴۳۳
۲۷	پستی و بلندی	کم	کم	کم	کم	ندارد	کم	نسبتاً زیاد
	اولویت‌بندی گزینه‌ها	۶	۵	۴	۲	۱	۳	۷



PROJECT BOARD		DESCRIPTION
PROJECT ID:	004	GRAND OPTIMA OF TOLU-REYHANI OF ENDOIT
PROJECT NAME:	004	
PROJECT CODE:	004	
PROJECT TITLE:	004	
PROJECT TYPE:	004	
PROJECT STATUS:	004	
PROJECT START DATE:	004	
PROJECT END DATE:	004	
PROJECT BUDGET:	004	
PROJECT CONTACT:	004	
PROJECT ADDRESS:	004	
PROJECT PHONE:	004	
PROJECT FAX:	004	
PROJECT EMAIL:	004	
PROJECT WEBSITE:	004	
PROJECT DOCUMENTS:	004	
PROJECT FILES:	004	
PROJECT IMAGES:	004	
PROJECT VIDEOS:	004	
PROJECT AUDIOS:	004	
PROJECT PRESENTATIONS:	004	
PROJECT OTHERS:	004	



نقشه (۱): موقعیت ساختگاه‌های پیشنهادی و ساختگاه انتخابی جهت احداث نیروگاه‌های گازی ۵۰۰ مگاواتی ۱ و ۲ زونجان

11-Reid D. 1995. Sustainable development. An introductory guide. London, UK: Earthscan Publications.  
 12-Wiersma, G B. 2004. "Environmental monitoring", CRC Press LLC, United States of America.

آقای علی سمیعی دارای مدرک لیسانس مهندسی کشاورزی از دانشگاه ارومیه و فوق لیسانس برنامه‌ریزی و مدیریت محیط زیست از دانشگاه تهران می‌باشد. ایشان دارای ۱۳ سال سابقه کار در کارهای محیط زیستی داشته و همکاری با قدس نیرو و دیگر مشاورین بنام در این زمینه می‌باشد. زمینه علاقمندی آقای مهندس سمیعی نیز کارهای زیست محیطی و به خصوص ارزیابی زیست محیطی می‌باشد.

Email:  
 asamiei@ghods-niroo.com

آقای اکبر مقدم دارای مدرک کارشناسی شیمی از دانشگاه زونجان و جمعاً ۲۶ سال سابقه کار می‌باشند که ۱۴ سال آن در قدس نیرو است. زمینه کاری و علاقمندی آقای مقدم هواشناسی و منابع آب می‌باشد.

Email:  
 amoghaddam@ghods-niroo.com

### مراجع

۱- سازمان حفاظت محیط‌زیست. ۱۳۸۳. مجموعه قوانین و مقررات حفاظت محیط‌زیست ایران، دفتر حقوقی و امور مجلس.  
 ۲- سازمان جغرافیایی ارتش و سازمان نقشه‌برداری کشور. ۱۳۸۲. نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰۰ استان زونجان.  
 ۳- مرکز آمار ایران. ۱۳۸۵. نتایج سرشماری نفوس و مسکن استان زونجان.  
 ۴- مرکز تحقیقات زیست محیطی استان زونجان. ۱۳۸۴. گزارش‌های مناطق حفاظت شده استان زونجان.  
 ۵- معاونت محیط‌زیست‌انسانی سازمان حفاظت محیط‌زیست. ۱۳۸۲. ضوابط و استانداردهای زیست‌محیطی.  
 ۶- مخدوم، مجید. ۱۳۸۲. شالوده آمایش سرزمین، دانشگاه تهران.  
 ۷- مخدوم، مجید. علی اصغر درویش صفت، هورفر جعفرزاده و عبدالرضا مخدوم. ۱۳۸۰. ارزیابی و برنامه‌ریزی محیط زیست با سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS). دانشگاه تهران.  
 8-International Union of Conservation Nature and Natural Resources. 2004. "The IUCN Red List of Threatened Species".  
 9-Mather AS., Chapman K. 1995. Environmental resources. Harlow, UK: Longman.  
 10-Bruhn-Tysk S., M. Eklund . 2002. Environmental Impact Assessment Review 22.



# نحوه راه اندازی، بهره برداری و متوقف و خارج نمودن ژنراتورهای تیپ آنسالدو Ty 10546

## انوش مؤیدی کاشانی

### کارشناس برق - SBU نیروگاه

#### چکیده

ژنراتورهای گازی بخشی از وظیفه تولید انرژی الکتریکی در کشور را بر عهده دارند. اگر چه این نوع ژنراتورها از قدرت بسیار بالایی برخوردار نیستند اما جایگاه آنها در صنعت برق کشور ایران، به خصوص کاربرد گسترده آنها در نیروگاه‌های سیکل ترکیبی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است و در نتیجه نحوه راه‌اندازی، بهره‌برداری، پایداری، عملکرد مناسب، کنترل، حفاظت و نگهداری آنها نیز از مسائل به روز و مهم به شمار می‌آید.

#### ۱- مقدمه

در یک نیروگاه گازی، تولید انرژی الکتریکی به کمک توربین ژنراتور میسر می‌گردد. در توربین گازی، هوای ورودی توسط کمپرسور فشرده شده و سپس به سمت محفظه احتراق هدایت می‌شود. گاز گرم متصاعد شده حاصل از سوخت گاز یا گازوئیل به سوی توربین گازی رفته و از انرژی حرارتی تبدیل به انرژی مکانیکی می‌گردد و در نتیجه سبب چرخش ژنراتور می‌شود. در این مقاله به نحوه راه‌اندازی، بهره‌برداری، توقف و خارج نمودن ژنراتورهای نوع Ty 10546 ساخت شرکت آنسالدو ایتالیا در شبکه نیرو پرداخته و سپس کنترل بخش‌هایی از ژنراتور که در انجام این مراحل بسیار مهم و حیاتی می‌باشند، تشریح خواهند شد.

#### ۲- آیتم‌های مهم در بهره‌برداری

##### ۱-۲- سیم پیچی استاتور

کنترل دمای موجود در سیم‌پیچی‌های استاتور بسیار مهم می‌باشند. زیرا با افزایش دما تلفات حرارتی افزایش یافته و راندمان ژنراتور نیز کاهش می‌یابد در نتیجه توان خروجی کاهش خواهد یافت. برای کنترل دمای داخل سیم‌پیچی‌های استاتور ۹ عدد سنسور حرارتی در شیارهای ۴۱، ۳۱، ۲۱، ۱۱، ۱، ۵۱ از شیارهای زیر و ۲۵، ۵ و ۴۵ از شیارهای رو نصب شده‌اند. مقدار افزایش حرارت مجاز ایجاد شده در سیم‌پیچی‌ها در حین بهره‌برداری ۸۰ کلوین می‌باشد.

##### ۲-۲- سیم پیچی روتور

محدوده دمای سیم‌پیچی روتور در حالتی که ژنراتور در مد خازنی بوده و ضریب قدرت آن از ضریب قدرت نامی کمتر است، بسیار مهم می‌باشد. نحوه اندازه‌گیری دمای سیم‌پیچی روتور از طریق سیستم حفاظت محاسبه و بدست می‌آید. افزایش دمای مجاز روتور ۶۵ کلوین می‌باشد.

##### ۳-۲- هسته استاتور

زمانی که ژنراتور در مد سلفی بهره‌برداری می‌شود، میزان دمای ایجاد شده در هسته مهم بوده و نباید از میزان طراحی شده بیشتر گردد. به همین منظور ۴ عدد سنسور حرارتی در هسته نصب شده تا در حین بهره‌برداری بتوان میزان آن را بدست آورد و به کمک سیستم کنترل و حفاظت افزایش دما در هسته را کنترل نمود. افزایش دما در هسته باعث افزایش تلفات آهنی شده و نتیجتاً راندمان و توان خروجی کاهش خواهد یافت.

##### ۴-۲- پایداری در حالت ماندگار

یکی دیگر از محدودیت‌ها و آیتم‌های کنترلی در حین بهره‌برداری، بهره‌برداری از ژنراتور در حوزه منحنی توان‌دهی آن می‌باشد. چرا که به هر دلیلی حوزه بهره‌برداری خارج از این محدوده باشد، ژنراتور به واگرایی رفته و آسیب‌های جدی به آن وارد خواهد شد.

##### ۵-۲- انبساط دیفرانسیلی سیم‌پیچی و هسته استاتور

میزان توان‌دهی ژنراتور همچنین وابسته به انبساط دیفرانسیلی شینه‌ها و هسته استاتور می‌باشد. این فاکتور برای طراحی طول هسته بسیار مهم می‌باشد. این فاکتور





تابعی از دما بوده و در طول تغییرات بار دمای مس سیم پیچی سریع‌تر از هسته مغناطیسی تغییر می‌کند.

#### ۲-۶- ویبریشن (لرزش)

دلیل ایجاد ویبره در حین بهره‌برداری می‌تواند به جهت تنظیم نادرست شفت ژنراتور با شفت میانی و شفت توربین باشد. سیگنال‌های ویبره توسط سنسورهای که در یاتاقان ژنراتور نصب می‌باشند، نمونه‌گیری و به سیستم حفاظت داده می‌شود. میزان ویبره قابل قبول و مجاز ژنراتورهای تیپ آنسالدو ۴۴ میکرومتر می‌باشد.

همچنین روتور ژنراتور به تنهایی تست ویبره و سرعت بالا می‌شوند. اگر ویبره به دلیل تنظیم شفت روتور با شفت میانی نباشد، بهتر است که روتور در آورده شود و به بالانس فرستاده شود.

#### ۳- توصیه‌های قبل از راه‌اندازی

• برای راه‌اندازی نیازی به کنترل تمام جزئیات موجود در نیروگاه نمی‌باشد. بلکه تنها مواردی که در راه‌اندازی مهم می‌باشند کافی است.

• اگر ژنراتور بیش از ۵ روز متوقف باشد یا در محیطی که رطوبت بالا بوده و آلوده می‌باشد، بایستی برای راه‌اندازی ابتدا تست پلاریزاسیون انجام گردد.

• توصیه می‌شود برای راه‌اندازی از سیستم کنترل ولتاژ اتوماتیک استفاده شود. زیرا در این حالت خطا در حین راه‌اندازی کم خواهد بود مگر در حالت‌های خاص و زمانی که سیستم حفاظت وجود ندارد.

• تمام تجهیزات حفاظت قبل از راه‌اندازی سرویس و چک شوند.

#### ۴- مراحل راه‌اندازی و سنکرون

برای راه‌اندازی ژنراتورهای سنکرون گازی، همیشه ژنراتور بصورت موتور سنکرون راه‌اندازی شده و پس از رسیدن به دور نامی بصورت ژنراتوری در آمده و سنکرون می‌شود.

• بستن کلید دژنکتور ترانس اصلی (TCB) با بسته شدن این کلید قدرت، ترانس اصلی و ترانس واحد برقرار شده و در نتیجه تمام باس‌های ۶/۶ کیلوولت برقرار می‌شوند.

• بسته شدن کلید (SFC) با بسته شدن کلید SFC که در باکس و مجموعه دژنکتور می‌باشد، ولتاژ و جریان به ژنراتور اعمال می‌شود و ژنراتور به صورت موتوری راه‌اندازی می‌شود.

• بستن کلید ترانس تحریک

هم‌زمان با اعمال ولتاژ و جریان از طریق SFC کلید ترانس تحریک بسته شدن و ژنراتور به صورت موتور سنکرون راه‌اندازی می‌شود.

• وارد شدن توربین پس از رسیدن دور روتور به ۶۰۰ دور بر دقیقه توسط SFC، توربین نیز وارد مدار شده و از این دور به بعد تا دور ۲۱۰۰، توربین و SFC به کمک هم ژنراتور را به دور ۲۱۰۰ می‌رساند.

• خارج شدن SFC و تحریک بعد از رسیدن به دور ۲۱۰۰ دور بر دقیقه، تجهیز SFC و تحریک نیز از مدار خارج شده و در این حالت توربین به تنهایی روتور ژنراتور را تا دور نامی (۳۰۰۰) می‌رساند.

• اعمال تحریک بعد از رسیدن به دور نامی (۳۰۰۰) و یا بالای ۹۸٪ آن، آرام آرام روتور تحریک شده تا ولتاژ سر ترمینال ژنراتور به مقدار نامی برسد.

• سنکرون کردن پس از رسیدن ژنراتور به دور نامی و ولتاژ نامی در سر ترمینال‌ها، به کمک تجهیز سنکرونایزر عمل سنکرون نمودن ژنراتور را به شبکه انتقال نیرو انجام می‌دهیم. همانطور که می‌دانید در سنکرونایزینگ سه فاکتور زیر چک می‌شوند:

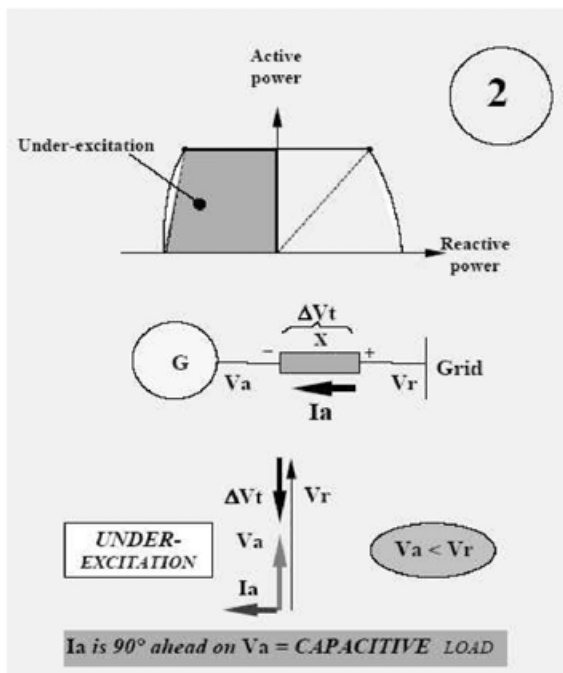
• همسان بودن اندازه ولتاژهای سه فاز در خروجی ژنراتور با شبکه انتقال، که برای ژنراتورهای تیپ آنسالدو ۱۵/۷۵ کیلوولت با ترانس ۵٪ - + می‌باشد.

• توالی فازها زاویه فازهای ولتاژ خروجی ژنراتور با شبکه نیرو، زمانی که اختلاف زاویه فرکانسی کمتر از ۱۰ درجه الکتریکی باشد، می‌توان عمل سنکرون کردن را انجام داد.

• وصل کلید قدرت ژنراتور (GCB) پس از سنکرون شدن ژنراتور با شبکه، کلید دژنکتور بسته شده و عملاً ژنراتور به صورت سنکرون به شبکه انتقال نیرو از طریق ترانس اصلی نیروگاه، سنکرون خواهد شد.

• تحویل توان اکتیو برای تزریق توان اکتیو به شبکه انتقال و یا هر بار جانبی دیگر، بایستی توسط افزایش توان توربین و افزایش سوخت، توان اکتیو مورد نیاز را تحویل نمود.





شکل (۲)

### ۷- بهره‌برداری موازی

- در بهره‌برداری موازی و موازی نموده ژنراتور حتماً بایستی به اندازه ولتاژها، توالی فازها دقت نمود و پس از یکسان بودن آنها ژنراتورها را با هم موازی نمود (همانند شرایط سنکرون نمودن).
- در موازی نمودن بایستی به تقسیم بار نیز توجه داشت و اندازه باری که هر ژنراتور قرار است تحویل دهد، مشخص گردد.

### ۸- مراحل خارج و متوقف نمودن نرمال ژنراتورها

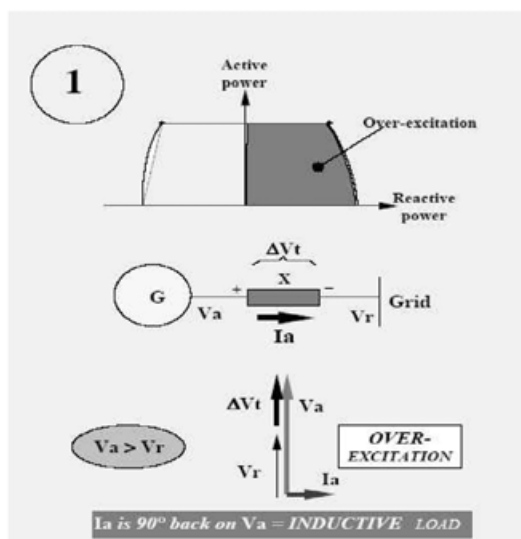
این نوع توقف زمانی شروع می‌شود که هیچ‌گونه خطایی در سیستم وجود ندارد و صرفاً جهت تعمیرات و یا خارج نمودن ژنراتور به دلیل عدم نیاز شبکه نیرو به بار می‌باشد. مراحل توقف به صورت زیر می‌باشد:

- ابتدا بار تحویلی توسط ژنراتور را آرام آرام توسط کاهش سوخت توربین و بسته شدن شیرهای سوخت، کاهش داده و نزدیک صفر می‌رسانیم.
- باز کردن کلید دژنکتور و ایزوله نمودن ژنراتور از خط انتقال. در این حالت ژنراتور هنوز در حالت سنکرون می‌باشد.
- خارج نمودن سیستم تحریک و باز شدن کلید تحریک و بی‌برق نمودن ژنراتور

- تحویل توان راکتیو  
برای تزریق توان راکتیو به شبکه انتقال و یا هر بار جانبی دیگر، بایستی توسط افزایش جریان تحریک، توان راکتیو مورد نیاز تحویل نمود.
- کنترل سرعت و فرکانس  
عمل کنترل سرعت و فرکانس توسط گاورنر انجام می‌شود. که این سیستم با فیدبک‌گیری از دور ژنراتور، سرعت و فرکانس را تنظیم می‌کند.
- کنترل ولتاژ  
عمل کنترل ولتاژ توسط تحریک انجام می‌شود. با فیدبک‌گیری از ولتاژهای خروجی، تنظیم اندازه ولتاژ در سر ترمینال‌های ژنراتور انجام می‌شود.

### ۵- بهره‌برداری در حالت فوق تحریک Over Excitation

بهره‌برداری در حالت فوق تحریک بدان معنی است که بردار جریان تحویلی نسبت به بردار ولتاژ خروجی پس از فاز باشد. یعنی بار ژنراتور اهمی-سلفی باشد، در این حالت نمودار برداری توان بصورت زیر خواهد شد. در این حالت ژنراتور در مد سلفی می‌باشد و توان اکتیو و راکتیو سلفی تحویل خواهد داد (شکل ۱).



شکل (۱)

### ۶- بهره‌برداری در حالت زیر تحریک (Under Excitation)

بهره‌برداری در حالت زیر تحریک بدان معنی است که بردار جریان تحویلی نسبت به بردار ولتاژ خروجی پیش فاز باشد. در این حالت مطابق شکل زیر زاویه بردار S (توان ظاهری) در محدوده نیمه چهارم قرار می‌گیرد. در این حالت ژنراتور در مد خازنی می‌باشد و توان اکتیو و راکتیو خازنی تحویل خواهد داد (شکل ۲).

- خارج نمودن توربین از مدار و کاهش سرعت ژنراتور تا نزدیک دور Turning Gear که این دور برای ژنراتورهای تیپ آنسالدو ۷۵ دور بر دقیقه می‌باشد.

#### نکته:

توجه داشته باشید که زمانی که ژنراتور گرم بوده و از خط خارج می‌شود هرگز نباید کاملاً متوقف شوند و سرعت آنها صفر گردد. این بدان دلیل است که روتور گرم بوده و بدلیل طول بلند آن احتمال خم و ایجاد شکم در آنها خواهد بود.

پس از انجام ۴ بند بالا ژنراتور از خط خارج و متوقف نیز شده است. اگر نیاز به تعمیرات و یا هر کار دیگری باشد که مستلزم توقف کامل ژنراتور باشد. ابتدا باید ژنراتور در دور Turning Gear قرار گرفته و پس از یک روز کار کردن در این دور، می‌توان ژنراتور را کاملاً توقف داد.

#### ۹- حفاظت و مونیتورینگ اتوماتیک

همانطور که می‌دانید قلب هر نیروگاهی سیستم مونیتورینگ و حفاظت می‌باشد. زیرا در صورت عدم وجود این دو سیستم نه تنها نمی‌توان مقادیر مورد نیاز از قسمت‌های مختلف یک نیروگاه (مقادیر الکتریکی و مکانیکی) را نمونه‌برداری و مونیتور نمود بلکه حتی در حین بروز خطاها نمی‌توان ژنراتور و تجهیزات متأثر از آنها را، از آسیب‌ها و خسارات ناشی از آن خطاها، نجات داده و محفوظ نگه داشت.

یکی از تجهیزات مهم و اصلی نیروگاه که بایستی مونیتور و حفاظت گردد، ژنراتورها می‌باشند.

#### ۱۰- انواع خطاهای ژنراتورهای نیروگاهی

انواع خطاهایی که ممکن است برای ژنراتورها وجود داشته باشند، به صورت زیر تقسیم‌بندی شده‌اند:

##### • خطاهای الکتریکی

- ازدیاد جریان در استاتور
- خطای استاتور با زمین
- خطای فاز به فاز در استاتور
- افزایش حرارت در سیم‌پیچی‌های روتور
- خطای سیم‌پیچی‌های روتور با زمین
- تلفات تحریک

##### • خطاهای مکانیکی و حرارتی

- خطای افزایش ویبره
- خطا در سنکرونایزینگ
- تلفات حرارتی موضعی

- خطاهای سیستم انتقال و یا شبکه قدرت
  - خطای عدم تعادل سه فاز جریان در استاتور
  - تلفات سنکرون بودن

#### ۱۱- روش‌های تریپ واحدها در صورت اضطراری

روش‌های مختلفی با توجه به خطاهای حادث شده برای تریپ دادن به واحدهای نیروگاهی وجود دارند که به شرح ذیل مطرح می‌شوند:

##### - تریپ همزمان Simultaneous Trip

در این روش شیرهای سوخت توربین بسته شده کلید دژنکتور باز و سیستم تحریک بلافاصله از مدار خارج می‌شود. از این روش بیشتر در حالت‌هایی که خطا در داخل ژنراتور بروز کرده باشد، استفاده می‌شود.

##### - تریپ ژنراتور Generator Trip

در این روش کلید دژنکتور باز و سیستم تحریک از مدار خارج می‌شود اما توربین همچنان در مدار باقی مانده و ژنراتور را در دور نامی نگه می‌دارد. اگر دلیل خطا مشخص و در زمان کوتاهی برطرف گردد می‌توان ژنراتور را پس از رفع خطا به شبکه نیرو متصل نمود البته پس از سنکرون شدن کامل.

##### - تریپ دژنکتور Breaker Trip

در این روش کلید دژنکتور باز شده و توربین و سیستم تحریک در مدار باقی می‌مانند. در این حالت تجهیزات داخلی نیروگاه همچنان توسط ژنراتور تغذیه می‌شوند.

##### - تریپ ترتیبی Sequential Trip

در این روش ابتدا توربین از مدار خارج شده سپس حفاظت تزریق توان معکوس عمل کرده و کلید دژنکتور باز می‌شود و سپس سیستم تحریک از مدار خارج می‌شود.

##### - تریپ دستی Manual Trip

در این روش ترتیب تریپ واحدها همانند بند ۴ می‌باشد. با این تفاوت که خارج شدن توربین از مدار توسط دست انجام می‌شود.

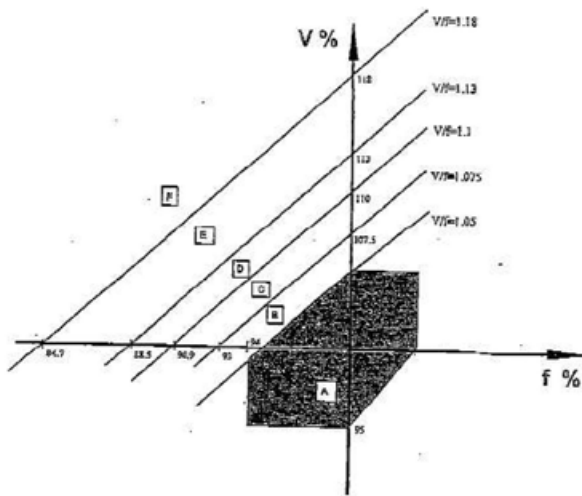
##### - Manual Runback and Trip

در این روش سیستم کنترل توربین عمل کرده و توان خروجی به کمترین مقدار یا صفر کاهش یافته و در این حالت اگر نیاز باشد می‌توان ادامه تریپ را از بندهای ۴ و ۵ انجام داد.

##### - Automatic Runback

در این روش از تریپ تمامی مراحل تریپ توسط سیستم کنترل و حفاظت انجام می‌شود.

این حالت به بعد با افزایش تحریک و توان توربین توان اکتیو افزایش نخواهد یافت (شکل ۳).



شکل (۳)

- A: در این ناحیه ژنراتور می‌تواند بطور مستمر با توان نامی بدون هیچ گونه محدودیت زمانی بهره‌برداری شود.
- B: در این ناحیه ژنراتور نباید بیش از ۱۵ دقیقه در توان نامی بهره‌برداری شود.
- C: در این ناحیه ژنراتور نباید بیش از ۱ دقیقه در توان نامی بهره‌برداری شود.
- D: در این ناحیه ژنراتور نباید بیش از ۳۰ ثانیه در توان نامی بهره‌برداری شود.
- E: در این ناحیه ژنراتور نباید بیش از ۱۰ ثانیه در توان نامی بهره‌برداری شود.
- F: در این ناحیه ژنراتور نباید بیش از ۲ ثانیه در توان نامی بهره‌برداری شود.

### ۱۵- تلفات تحریک

به دلیل برخی از اغتشاشات شبکه قدرت از قبیل تغییرات فرکانس، اتصال کوتاه‌ها و خطاهای گذرا و نوسانات ولتاژ ژنراتور ناپایدار شده و از حالت سنکرون خارج شده به حالت آسنکرون پیدا می‌کند. در این حالت روتور شروع به ویبره می‌کند و پس‌افتادگی میدان روتور از میدان استاتور بوجود می‌آید. در چنین شرایطی افت حرارتی در سیم‌پیچی‌های روتور ایجاد شده و در واقع ژنراتور به مرز ناپایداری می‌رسد. برای رفع این حالت سیستم حفاظت سریعاً عمل کرده و ژنراتور را از شبکه قدرت ایزوله می‌نماید.

در این روش به صورت دستی توسط اپراتور بار کاهش داده می‌شود. این روش بیشتر برای حالتی که شرایط غیر نرمال وجود داشته باشد، مفید می‌باشد. از قبیل: خطای افزایش حرارت موضعی.

### ۱۲- بهره‌برداری در حالت ازدیاد جریان استاتور و روتور

بطور کلی ازدیاد جریان در استاتور و روتور به دلایل ذیل بوجود خواهند آمد:

- خطا در سیستم کنترل
- خطاهای نیروگاهی مثل خطای سیستم تنظیم ولتاژ (AVR)
- خطاهای شبکه قدرت مانند افت فرکانس یا اتصال کوتاه‌ها
- افزایش بارگذاری به روی ژنراتور
- بارهای نامتعادل

در صورت نامتعادلی بار موج جریان منفی<sup>۱</sup> در ژنراتور تشکیل می‌شود که این موج جریان بسیار مضر و خطرناک بوده و با ایجاد افزایش حرارت در استاتور و روتور، در صورت استمرار، سیم‌پیچی‌های ژنراتور را خواهد سوزاند. مدت زمان تحمل ژنراتورهای تیپ آنسالدو در برابر موج جریان منفی ۸ ثانیه بوده و در این مدت سیستم حفاظت بایستی عمل کرده و ژنراتور را از شبکه جدا نماید.

### ۱۳- بهره‌برداری در حالت فرکانس‌های غیر نرمال

بطور کلی برای فرکانس دو حالت زیر ممکن است اتفاق افتد:

- افت فرکانس
- زمانی فرکانس ژنراتور کاهش می‌یابد که یک بار زیاد بطور ناگهانی به ژنراتور متصل گردد یا یک اغتشاش در شبکه قدرت بوجود آید.
- افزایش فرکانس
- زمانی فرکانس ژنراتور افزایش خواهد یافت که یک بار بزرگ بطور ناگهانی از ژنراتور آزاد گردد.

### ۱۴- محدوده تغییرات فرکانس

همانطور که می‌دانید با تغییرات فرکانس اولاً: توان ژنراتور تغییر می‌کند. ثانیاً: افزایش حرارت به دلیل افزایش فرکانس خواهیم داشت. ثالثاً: محدودیت اشباع وجود دارد. محدودیت تغییرات فرکانسی ژنراتورهای تیپ آنسالدو  $0.02 + -$  می‌باشد. همچنین محدودیت اشباع از رابطه  $V/f < 1.05$  پیروی می‌نماید. یعنی اگر میزان رابطه فوق از 1.05 بیشتر گردد، ژنراتور به اشباع خواهد رفت و دیگر از

## ۱۶- تلفات سنکرون

Fault Type	Minimum Recommendation
Over Current	Manual Runback / Trip
Stator Ground Fault	Simultaneous Trip
Stator Phase to Phase Fault	Simultaneous Trip
Rotor Winding Overheating	Manual Runback Sequential Trip* *///
Field Ground	Sequential Trip
Loss of Excitation	Simultaneous Trip
Bearing Vibration	Sequential Trip **
Synchronizing Error	Use Check Relays
Unbalanced Stator Current	Breaker Trip
Loss of Synchronization	Breaker Trip
Abnormal Frequency	Acc. To Turbine Requirements
Local Overheating	Manual Runback/ Trip

به دلیل اغتشاشات شبکه قدرت و یا ایجاد خطا در نیروگاه، ژنراتور از حالت سنکرون خارج شده و به صورت آسنکرون عمل می‌نماید. زمانی که ژنراتور به ناپایداری می‌رسد، آسیب‌های جدی خود ژنراتور و فونداسیون و تجهیزات الکتریکی داخل نیروگاه را تهدید خواهد نمود. زیرا در این حالت گشتاورهای الکتریکی و مکانیکی ایجاد شده تمام تجهیزات مکانیکی از قبیل: فریم و تمام قسمت‌های ژنراتور، فونداسیون و تجهیزات و پارامترهای الکتریکی تحت شعاع این گشتاورها قرار می‌گیرند. در چنین شرایطی سیستم حفاظت سریعاً عمل کرده و ژنراتور از شبکه نیرو ایزوله می‌گردد. پس از آن بایستی تمام قسمت‌های ژنراتور توسط پرسنل با تجربه، چک گردند.

## ۱۷- خطای عایقی در شینه‌های استاتور

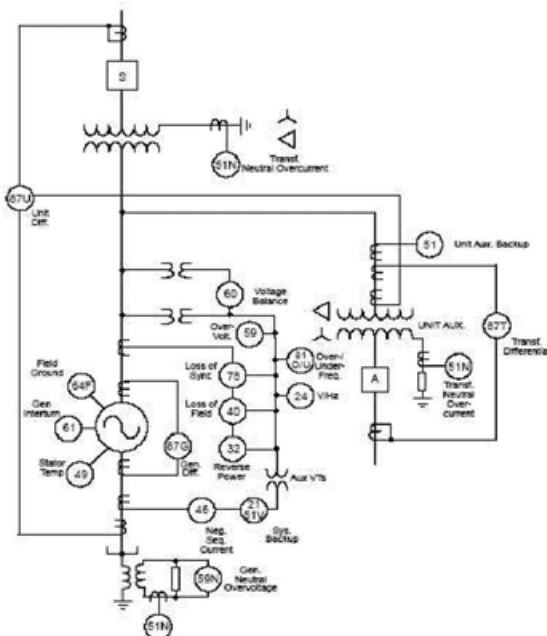
خطای عایقی در شینه‌های استاتور ژنراتورها ممکن است به دلایل خوردگی، وجود جرقه بین شینه‌ها در حین بهره‌برداری و خطاها و یا خستگی و فرسودگی آنها بوجود آید. در چنین حالتی امکان اتصال شینه با زمین و یا شینه‌ها با یکدیگر و با زمین بوجود آید. در این شرایط سیستم حفاظت توسط رله اتصال کوتاه زمین، عمل کرده و بلافاصله ژنراتور را بی‌برق می‌کند. پس از خارج نمودن و توقف ژنراتور بایستی تمام سیم‌پیچی‌های هر سه فاز تست شده و فاز اتصال به زمین مشخص و تعمیرات لازم به روی آن انجام گیرد.

## ۱۸- ازدیاد حرارتی موضعی

ازدیاد حرارت موضعی می‌تواند به دلیل بد عمل نمودن سیستم خنک‌کاری و کولرهای ژنراتور و بعضی از اغتشاشات ایجاد گردد. در چنین حالتی اگر علت مشخص و سریعاً رفع گردد که به بهره‌بردار ادامه می‌دهیم. در غیر این صورت اگر میزان ازدیاد حرارت از مقادیر مجاز بیشتر گردد، سیستم حفاظت عمل نموده و ژنراتور را از مدار خارج و متوقف می‌نماید.

## ۱۹- توصیه‌های لازم برای نوع تریپ واحد بر حسب نوع اتصالات و خطاها

\* این عمل اساساً به پارامترهای سیستم تحریک با در نظر گرفتن محدودیت فوق تحریک، وابسته می‌باشد.  
\*\* این حالت تریپ‌های هم زمان، ژنراتور و دژنکتور مجاز نمی‌باشند و از این نوع تریپ‌ها بایستی دوری نمود. زیرا کاهش و یا ازدیاد سرعتی که از آنها ناشی می‌شود برای یاتاقان‌ها در این حالت خطرناک می‌باشد (شکل ۴).



شکل (۴)

## مراجع

مدارک راه‌اندازی، بهره‌برداری و تأمین و نگهداری آموزشی توربو ژنراتورهای آنسالدو

آقای انوش مؤیدی‌کاشانی دارای مدرک لیسانس برق (گرایش قدرت) از دانشگاه آزاد بوده و دارای ۱۰ سال سابقه کار در زمینه تست و راه‌اندازی و نصب در بخش‌های تأسیسات برقی و نیروگاهی می‌باشد و از سال ۱۳۸۴ فعالیت خود را در قدس نیرو آغاز نموده‌اند. زمینه کاری مورد علاقه ایشان ترانس‌ها و ژنراتور در بخش نیروگاهی می‌باشد.

Email:  
Amoaidykashany@ghods-niroy.com

# پایش وضعیت و عیب یابی سیستم های آب شیرین کن اسمز معکوس

## حسین حق پرست

کارشناس ارشد شیمی - شرکت مدیریت تولید برق یزد

واژه های کلیدی: اسمز معکوس، پایش وضعیت، عیب یابی، نرمالیزاسیون

### چکیده

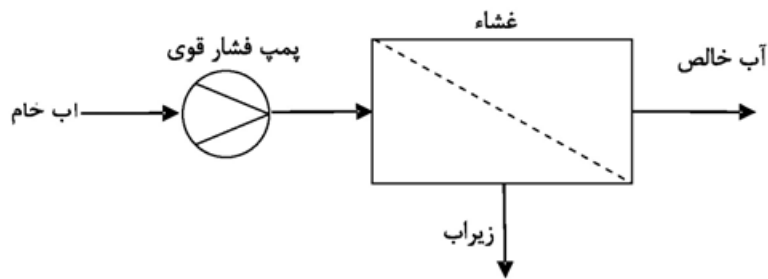
امروزه سیستم های اسمز معکوس در کلیه صنایع و تاسیسات آب شرب شهری و حتی خانه ها نیز راه یافته اند. از سوی دیگر قابلیت اطمینان و دسترسی و همچنین هزینه های حفظ این قابلیت ها مورد نگرانی مالکان و کاربران می باشد چرا که از کارافتادن و توقف سیستم های اسمز معکوس می تواند پیامدهای منفی زیادی به همراه داشته باشد. پیامدهایی که نه تنها باعث تحمیل هزینه های زیادی می شود بلکه ممکن است باعث به خطر افتادن ایمنی جان انسان ها گردد. در این راستا به منظور جلوگیری از بروز پیامدهای منفی مذکور نقش سیستم پایش وضعیتی انکارناپذیر می باشد. در این استراتژی وضعیت سیستم اسمز معکوس به طور مداوم و لحظه ای مورد پایش قرار می گیرد و قبل از اینکه وضعیت دستگاه بحرانی شود اقدامات اصلاحی یا رفع عیب صورت می گیرد.

### ۱- مقدمه

نیاز به آب در سرتاسر دنیا هم به دلیل رشد جمعیت و هم به دلیل رشد صنعت به طور فزاینده ای افزایش یافته است و منابع آب به سرعت در حال تهی شدن می باشند. از سال ۱۹۹۰ بیش از ۸۰ کشور با مشکل کمبود آب مواجه هستند، این در حالیست که بیش از ۷۰ درصد سطح زمین پوشیده از آب است که ۹۷/۵ درصد آن را اقیانوس ها تشکیل می دهد و تنها یک درصد از این منابع جهت استفاده مناسب می باشد. تنها راه حل استفاده از تکنیک های شیرین سازی آب های شور است که می تواند راهگشای مشکلات کمبود آب باشد. دو دسته عمده تکنیک های نمک زدایی که به طور گسترده استفاده می شود، روش های تبخیری و روش های غشایی هستند. روش های تبخیری نظیر MSF<sup>۱</sup> و MED<sup>۲</sup> در مناطقی نظیر منطقه خاور میانه که منابع انرژی عظیمی وجود دارد، معمول می باشند. در سرتاسر دنیا ۶۶ درصد شیرین سازی با فرایند MSF انجام می گیرد در مقایسه با اسمز معکوس که تنها ۲۲٪ استفاده می گردد. خاورمیانه بزرگ ترین بازار شیرین سازی آب دریا می باشد. طی نیم قرن اخیر با ورود سیستم های اسمز معکوس به بازار نمک زدایی از آب، این صنعت متحول گردیده است.

نیاز به آب در سرتاسر دنیا هم به دلیل رشد جمعیت و هم به دلیل رشد صنعت به طور فزاینده ای افزایش یافته است و منابع آب به سرعت در حال تهی شدن می باشند. از سال ۱۹۹۰ بیش از ۸۰ کشور با مشکل کمبود آب مواجه هستند، این در حالیست که بیش از ۷۰ درصد سطح زمین پوشیده از آب است که ۹۷/۵ درصد آن را اقیانوس ها تشکیل می دهد و تنها یک درصد از این منابع جهت استفاده مناسب می باشد. تنها راه حل استفاده از تکنیک های شیرین سازی آب های شور است که می تواند راهگشای مشکلات کمبود آب باشد. دو دسته عمده تکنیک های نمک زدایی که به طور گسترده استفاده می شود، روش های تبخیری و روش های غشایی هستند. روش های تبخیری نظیر MSF<sup>۱</sup> و MED<sup>۲</sup> در مناطقی نظیر منطقه خاور میانه که منابع انرژی عظیمی وجود دارد، معمول می باشند. در سرتاسر دنیا ۶۶ درصد شیرین سازی با فرایند MSF انجام می گیرد در مقایسه با اسمز معکوس که تنها ۲۲٪ استفاده می گردد. خاورمیانه بزرگ ترین بازار شیرین سازی آب دریا می باشد. طی نیم قرن اخیر با ورود سیستم های اسمز معکوس به بازار نمک زدایی از آب، این صنعت متحول گردیده است.

1- Multi Stage Flash  
2- Multiple Effect Distillation



شکل (۱): فلودیاگرام کلی یک سیستم اسمز معکوس

## ۲- کارایی سیستم‌های آب شیرین کن اسمز معکوس

فلاکس آب خالص<sup>۱</sup> و دفع نمک<sup>۲</sup> دو پارامتر کلیدی کارایی یک سیستم اسمز معکوس می‌باشند. فلاکس آب خالص، دبی آب عبوری از واحد سطح غشاء در واحد زمان بوده و دفع نمک درصدی از غلظت ناخالصی آب ورودی است که دفع می‌شود. این پارامترها عمدتاً با تغییر در فشار، دما، بازیافت، غلظت نمک ورودی تحت تاثیر قرار می‌گیرند. در جدول (۱) خلاصه‌ای از پارامترهای موثر بر کارایی یک سیستم اسمز معکوس (نسبت دبی آب خالص به آب خام) آمده است. این تأثیرات مربوط به زمانی است که سه پارامتر دیگر ثابت بمانند.

جدول (۱): اثر تعدادی از پارامترها بر روی کارایی یک سیستم اسمز معکوس

افزایش پارامتر	فلاکس آب خالص	عبور نمک
فشار موثر	افزایش	کاهش
دما	افزایش	افزایش
بازیافت*	کاهش	افزایش
غلظت نمک آب تغذیه	کاهش	افزایش

\*نسبت دبی آب خالص به آب خام

علاوه بر عوامل فوق فولینگ و رسوب‌گیری غشاء و وجود عیوب سیستماتیک در سیستم می‌تواند بدترین اثرات را بر روی کارایی داشته باشد. معمولاً برای بهره‌برداران سیستم‌های اسمز معکوس این سؤال مطرح می‌باشد که چگونه بفهمیم تغییر کارایی به دلیل تغییر پارامترهای بهره‌برداری است یا به دلیل وجود مشکل سیستماتیک؟ پاسخ به این سؤال یعنی عیب‌یابی یک سیستم اسمز معکوس هدف اصلی این مقاله است.

برای پاسخ به این سؤال ابتدا باید با مفهوم نرمالیزاسیون آشنا شویم. نرمالیزاسیون تکنیکی است که به استفاده‌کننده این اجازه را می‌دهد تا بهره‌برداری را در یک مجموعه شرایط

مشخص با مجموعه شرایط مرجع مقایسه نماید. این کار به بهره‌بردار این اجازه را می‌دهد تا مشخص کند آیا تغییر در فلاکس آب خالص یا میزان دفع نمک به علت فولینگ غشاء می‌باشد و باعث آسیب غشا می‌شوند یا فقط به دلیل شرایط متفاوت بهره‌برداری می‌باشند. نرم‌افزارهای مختلفی برای نرمالیزاسیون داده‌های سیستم‌های آب شیرین کن اسمز معکوس وجود دارد که توسط شرکت‌های سازنده غشاء عرضه می‌شود.

در حقیقت نرمالیزاسیون یا استاندارد کردن داده‌ها فرایندی است که کارایی واقعی سیستم اسمز معکوس را به شکلی تبدیل می‌کند که می‌تواند با کارایی در یک حالت مرجع مقایسه گردد. این حالت مرجع می‌تواند کارایی که در طراحی پیش‌بینی شده یا کارایی اندازه‌گیری شده اولیه سیستم باشد. هرگونه اختلاف بین داده‌های استاندارد شده با داده‌های حالت مرجع نشانگر وجود یک مشکل در سیستم به شرح ذیل است:

- ۱- فولینگ یا رسوب‌گیری غشاء
- ۲- آسیب شیمیایی غشاء
- ۳- مشکل مکانیکی
- ۴- مسدود شدن هیدرولیکی

تشخیص اولیه مشکل در صورت ثبت داده‌های استاندارد شده روزانه کار ساده‌ای است، مقادیر پارامترهای دفع نمک، اختلاف فشار استاندارد شده، دبی آب محصول استاندارد شده از داده‌های بهره‌برداری اسمز معکوس محاسبه می‌گردد. بنابراین اثر ۴ مشکل فوق با اندازه‌گیری ۳ متغیر ذیل مستقیماً آشکار می‌گردد:

- ۱- دفع نمک استاندارد شده
- ۲- اختلاف فشار استاندارد شده
- ۳- دبی آب محصول استاندارد شده

1- Permeate Flux  
2- Salt Rejection





گراف‌های داده‌های نرمالیزه شده ابزار مناسبی برای عیب‌یابی و رفع عیب سیستم‌های اسمز معکوس می‌باشد. ثبت داده‌های بهره‌برداری و نگهداری آنها برای مونیتورینگ کارایی سیستم غشایی حیاتی می‌باشد، بدون این داده‌ها نمی‌توان راجع به فولینگ، تشکیل رسوب و بدتر شدن وضعیت غشاء نظری داد.

### ۳- روش کار

#### ۳-۱- استانداردسازی دبی آب خالص

محاسبه دبی آب خالص تحت شرایط استاندارد با استفاده از رابطه (۱) انجام می‌گیرد.

$$Q_s = \frac{P_{fs} \frac{\Delta P_s}{2} - P_{ps} - \pi_{fc_s}}{P_{fo} \frac{\Delta P_o}{2} - P_{po} - \pi_{fc_o}} \times \frac{TCF_s}{TCF_o} \times Q_o \quad (1)$$

که در آن  $Q$  دبی آب خالص،  $P_f$  فشار تغذیه،  $\Delta P$  افت فشار دستگاه،  $P_p$  فشار آب خالص،  $\pi_{fc}$  فشار اسمزی مخلوط آب ورودی و زیراب،  $TCF$  ضریب تصحیح دمایی می‌باشد و زیروندهای  $S$  و  $O$  به ترتیب اشاره به حالت استاندارد و شرایط بهره‌برداری دارد. ضریب تصحیح دمایی در دو حالت دمایی کمتر از ۲۵ درجه و بیشتر از آن با استفاده از روابط ۲-الف و ۲-ب محاسبه می‌گردد که  $T$  دما بر حسب درجه سانتیگراد می‌باشد.

$$TCF = EXP \left[ 2640 \times \left\{ \frac{1}{298} - \frac{1}{(273+T)} \right\} \right] \quad \text{۲- الف}$$

$$T \geq 25^\circ C$$

$$TCF = EXP \left[ 3020 \times \left\{ \frac{1}{298} - \frac{1}{(273+T)} \right\} \right] \quad \text{۲- ب}$$

$$T \leq 25^\circ C$$

برای محاسبه فشار اسمزی فرمول‌های مختلفی در متون علمی ذکر شده است ولی یک فرمول تقریبی و مختصر رابطه (۳) می‌باشد. در این فرمول  $C_{fc}$  غلظت آب تغذیه - زیراب می‌باشد و می‌توان آنرا از رابطه (۴) محاسبه نمود. لازم به ذکر است این فرمول برای زمانی است که  $C_{fc}$  کمتر از  $20000 \text{ mg/l}$  باشد.

$$\pi_{fc} = \frac{C_{fc} \times (T+320)}{491000} \quad (3)$$

$$C_{fc} = C_f \times \frac{\ln \frac{1}{1-R}}{R} \quad (4)$$

در رابطه (۴)،  $R$  نمایانگر میزان بازیافت دستگاه (برابر با حجم تولیدی) می‌باشد و  $C_f$  برابر  $TDS$  آب تغذیه می‌باشد. دبی آب محصول برای یک المنت در شرایط استاندارد برای هر المنت منحصر به فرد بوده و به وسیله سازنده غشاء داده می‌شود و دبی آب محصول یک المنت در شرایط حقیقی به سیستم بستگی دارد.

#### ۳-۲- استانداردسازی عبور نمک

میزان  $TDS$  استاندارد شده آب خالص به وسیله رابطه (۵) محاسبه می‌گردد.

$$C_{ps} = C_{po} \times \frac{P_{po} \frac{\Delta P_o}{2} - P_{ps} - \pi_{fc_o} - \pi_{po}}{P_{ps} \frac{\Delta P_s}{2} - P_{ps} - \pi_{fc_s} - \pi_{ps}} \times \frac{C_{fc_s}}{C_{fc_o}} \quad (5)$$

در این معادله  $C_p$  و  $\pi_p$  به ترتیب غلظت و فشار اسمزی آب خالص می‌باشد.

#### ۳-۳- استانداردسازی افت فشار

افت فشار، اختلاف بین فشار تغذیه و فشار زیرابی است که از سیستم خارج می‌شود. اختلاف فشار با تغییر دمای آب ورودی و یا سایر پارامترها تغییر می‌کند. بنابراین می‌توان اختلاف فشار را با استفاده از رابطه (۶) استانداردسازی نمود. تغییری در حدود ۲۰٪ در اختلاف فشار مبین نیاز سیستم به شستشوی شیمیایی ممبران‌ها می‌باشد. در این معادله  $Q_c$  و  $Q_p$  به ترتیب دبی زیراب (غشاهای) و دبی آب خالص می‌باشد و زیروندهای  $i$  و  $o$  مبین شرایط اولیه و شرایط بهره‌برداری می‌باشد.

$$\Delta P_s = \Delta P_o \times \frac{(2 \times Q_{ci} + Q_{pi})}{(2 \times Q_{co} + Q_{po})} \quad (6)$$

#### ۴- تحلیل نتایج استانداردسازی پارامترهای سیستم

##### اسمز معکوس

بعد از استانداردسازی داده‌ها می‌توان در مورد وضعیت سیستم اسمز معکوس نظر داد. برای روشن شدن مباحث مطروحه و استفاده از معادلات فوق مثالی در این زمینه ذکر می‌گردد. پارامترهای یک سیستم اسمز معکوس در زمان راه‌اندازی و همچنین سه ماه بعد از بهره‌برداری به صورت جدول (۲) می‌باشد.



$$c_{fc_0} = 2292 \times \frac{\ln \frac{1}{1-0.72}}{0.72} = 4052 \frac{mg}{l}$$

$$\pi_{fc_0} = 2.72 \text{ bar}$$

$$TCF_0 = EXP \left[ 3020 \times \left\{ \frac{1}{298} - \frac{1}{(273+10)} \right\} \right] = 0.58$$

با جایگزینی مقادیر فوق برای حالت‌های استاندارد و حالت سه ماه بعد از بهره‌برداری درون معادله (۱) دبی استاندارد شده به صورت زیر محاسبه می‌گردد.

$$Q_s = \frac{25-1.5-1-2.5}{28-2-2-2.7} \times \frac{0.70}{0.58} \times 127 = 144 \frac{m^3}{h}$$

با مقایسه دبی استاندارد شده با دبی در شرایط راه‌اندازی مشاهده می‌گردد که ظرفیت سیستم مذکور ۴٪ کاهش یافته است و این مقدار بعد از ۳ ماه بهره‌برداری طبیعی می‌باشد و نیازی به انجام شستشوی شیمیایی نمی‌باشد. همچنین مقدار TDS استاندارد شده آب خالص با جایگزینی مقادیر مربوطه در معادله (۵) به صورت زیر محاسبه می‌گردد.

$$C_{ps} = \frac{28-2-2-2.72+0.06}{25-1.5-1-2.5+0.05} \times \frac{3671}{4052} \times 80 = 77 \frac{mg}{l}$$

با مقایسه این مقدار با مقدار زمان راه‌اندازی (۸۳ mg/l) مشاهده می‌شود که دفع نمک اندکی بهبود یافته است و این مورد برای فاز اولیه بهره‌برداری سیستم‌های اسمز معکوس معمول می‌باشد. نمونه گراف دبی استاندارد شده برای یک سیستم اسمز معکوس یک مرحله با ظرفیت ۱۵ m<sup>3</sup>/h که به وسیله نرم‌افزار FTNORM رسم گردیده است در شکل (۲) نشان داده شده است.

جدول (۲)

مقادیر مربوط به زمان راه‌اندازی		
۱۵۲	بی‌کربنات:	۲۰۰
۵۵۲	سولفات:	۶۱
۶۳۳	کلراید	۳۸۸
۳ بار	افت فشار:	۱۵ °C
۱ بار	فشار آب خالص:	۲۵ بار
۸۳ mg/l	نمک آب خالص	۱۵۰ m <sup>3</sup> /h
		بازیافت: ۷۵ درصد

مقادیر بعد از سه ماه بهره‌برداری از سیستم		
۱۵۲	بی‌کربنات:	۲۰۰
۵۳۰	سولفات:	۸۰
۸۵۰	کلراید	۴۸۰
۴ بار	افت فشار:	۱۰ °C
۲ بار	فشار آب خالص:	۲۸ بار
۸۰ mg/l	نمک آب خالص	۱۲۷ m <sup>3</sup> /h
		بازیافت: ۷۲ درصد

برای مثال مذکور در شرایط استاندارد داریم:

$$P_{fs} = 25 \text{ bar}$$

$$\Delta P_s = 3 \text{ bar}$$

$$C_{fs} = 1986 \text{ mg/l}$$

$$c_{fc_s} = 1986 \times \frac{\ln \frac{1}{1-0.75}}{0.75} = 3671 \frac{mg}{l}$$

$$\pi_{fc_s} = 2.5 \text{ bar}$$

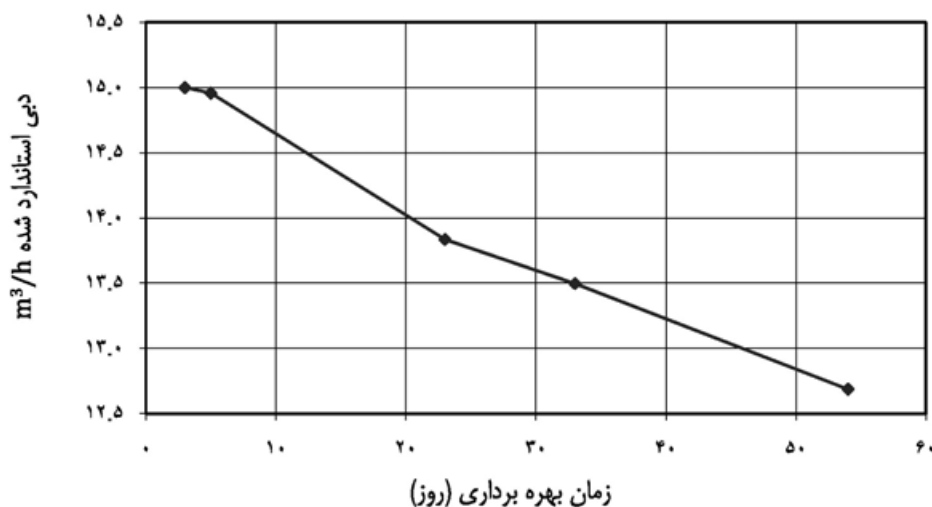
$$TCF_s = EXP \left[ 3020 \times \left\{ \frac{1}{298} - \frac{1}{(273+15)} \right\} \right] = 0.70$$

و در شرایط بهره‌برداری:

$$P_{fo} = 28 \text{ bar}$$

$$\Delta P_o = 2 \text{ bar}$$

$$C_{fo} = 2292 \text{ mg/l}$$



شکل (۲): نمونه گراف خروجی نرم‌افزار نرمالیزاسیون داده‌های اسمز معکوس

## ۵- نتیجه گیری

در طول بهره‌برداری یک سیستم اسمز معکوس شرایط سیستم نظیر فشار، دما، غلظت آب ورودی و بازیافت می‌تواند تغییر کند که در نتیجه باعث تغییر در دبی آب خالص و کیفیت آن می‌شود. برای ارزیابی مؤثر کارایی یک سیستم اسمز معکوس لازم است که دبی آب خالص و کیفیت آن تحت شرایط یکسانی با هم مقایسه شود. به دلیل اینکه داده‌های سیستم اسمز معکوس همیشه تحت شرایط یکسان بدست نمی‌آید، بنابراین لازم است تا داده‌های سیستم اسمز معکوس استانداردسازی گردد. استانداردهای داده‌ها یا استفاده از نرم‌افزارهای نرم‌الیزاسیون اثرات تغییرات فشار تغذیه، غلظت، و دما را حذف می‌کند و تنها فاکتورهای فولینگ، تخریب و فاکتورهای سیستمی نظیر نشتی از اورینگ‌ها بسیار واضح‌تر مشخص می‌گردند و بنابراین عیب‌یابی یک سیستم اسمز معکوس بسیار ساده می‌شود. نکته قابل ذکر این است که استانداردسازی برای سیستم‌های اسمز معکوس چند مرحله‌ای برای هر مرحله باید جداگانه انجام گیرد تا نتایج قابل قبولی بدست آید. بجای محاسبات پیچیده و وقتگیر می‌توان از نرم‌افزارهایی که به این منظور طراحی شده‌اند استفاده نمود. فقط کفایت داده‌های بهره‌برداری به طور منظم وارد نرم‌افزار گردد، استانداردسازی به وسیله نرم‌افزار انجام گرفته و حاصل به صورت نمودارهایی می‌باشد که با استفاده از آنها می‌توان در مورد وضعیت یک سیستم اسمز معکوس نظر داد و عیب‌یابی نمود.

## مراجع

- 1- ASTM D4516 Standardizing Reverse Osmosis Performance Data 2000
- 2- FILMTEC Reverse Osmosis Membranes, Technical Manual July 2005
- 3- Operation, Maintenance Manual for Membrane Elements, TORAY Membrane Europe AG
- 4- HYDRANAUTICS LFC1 Membrane Application Update, August 1999.
- 5- Technical Manual SAEHAN Company
- 6- Design Guideline Manual, Middle East Desalination Research Center 2006

آقای حسین حق‌پرست دارای فوق لیسانس مهندسی شیمی از دانشگاه صنعتی شریف بوده و جمعاً ۷ سال سابقه کار دارد. ایشان در حال حاضر کارشناس ارشد شیمی دفتر فنی شرکت مدیریت تولید برق یزد می‌باشد. زمینه علاقمندی آقای حق‌پرست روش‌های مختلف تصفیه آب می‌باشد.

Email:  
hhaghparast@yahoo.com



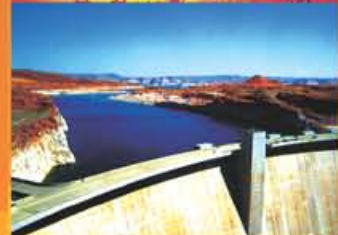
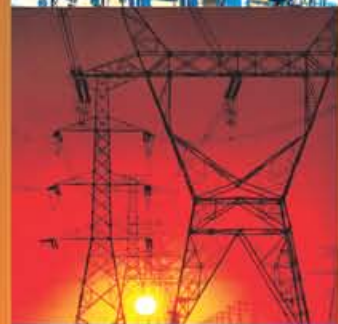
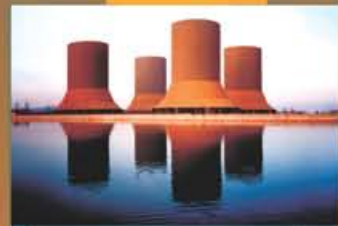


# GHODS NIROO ENGINEERING COMPANY

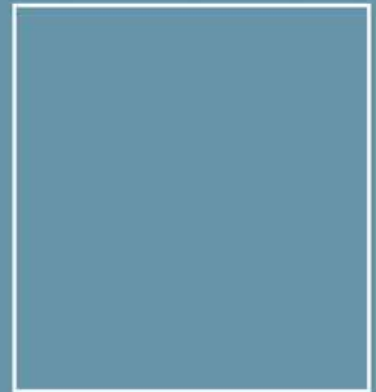
## ➤ GHODS NIROO ENGINEERING COMPANY (GNEC)

**GNEC** provides engineering & consultancy services, detail design, rendering technical specifications, project management and site & technical supervisory services in the following fields:

- Thermal Power Plants ( Steam, Gas Turbine& Combined Cycle)
- Substation & Switch - Yards
- Transmission Lines & Distribution Networks
- Dams & Hydropower Plants, Water Transmission Lines, Irrigation& Drainage Networks
- Environmental Studies
- Cooperation with Clients in Management of Contracts.(MC)
- Participation in Major "EPC" and "MC" Contracts in Different industrial areas especially in the field of Oil and Gas.
- Renewable Energies Comprising Studies, Engineering and "EPC" Contracts



Add: No.82, Ostad motahari Ave.  
Tehran - 1566775711 - IRAN  
Tel: (+9821) 82404000 - 88403613  
Telfax: (+9821) 88411704  
E-MAIL: INFO@GHODS-NIROO.COM  
WWW.GHODS-NIROO.COM



تهران ، خیابان استاد مطهری ، چهارراه سهروردی ، شماره ۸۲  
کدپستی : ۱۵۶۶۷۷۵۲۵۳  
تلفن : ۸۴۳۰۴۵۴ - ۸۴۰۳۶۱۳  
فکس : ۸۴۱۱۷۰۴

No.82 , Ostad Motaharl Ave.  
Tehran 1566775353 - IRAN  
Tel: 88403613 - 88430454  
Fax: 88411704  
info@ghods-niroo.com  
www.ghods-niroo.com

