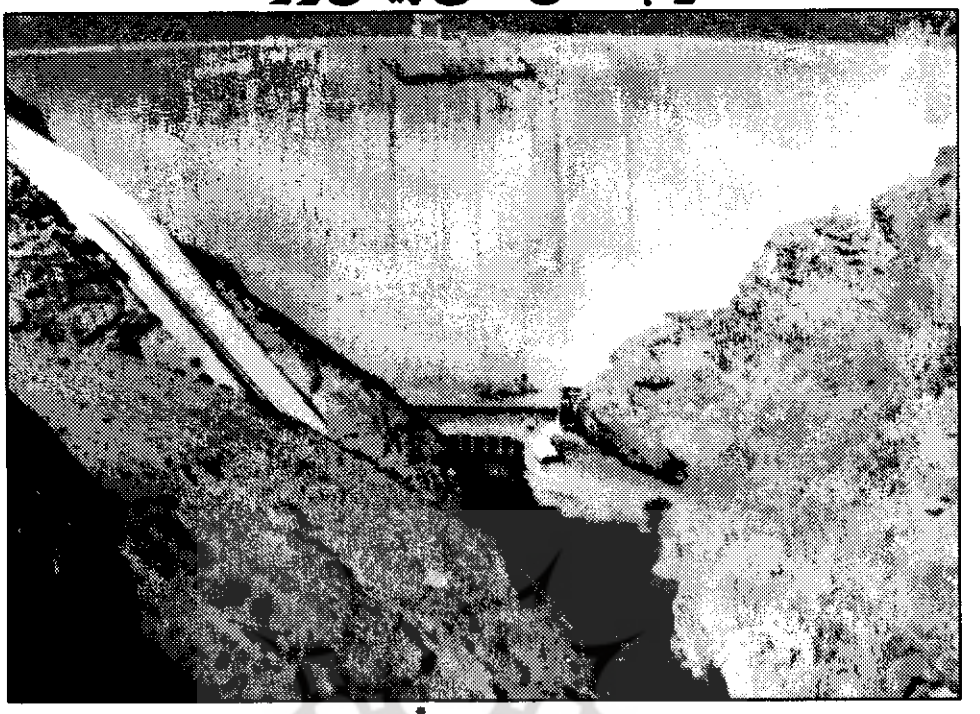
طرح‌های برق آبی زنجیره‌ای جنوب کشور و چالش‌های پیش‌رو



مهدی مردی*

در دهۀ اخیر، طرح‌های برق آبی در کشور مورد توجه بیشتری قرار گرفته‌اند. سرمایه‌گذاری‌های کلان ارزی و ریالی و صرف وقت زیاد، می‌طلبد که روی این طرح‌ها تأمل بیشتری صورت پذیرد. اگر بخواهیم در مورد چالش‌هایی که در مورد سیاست‌گذاری‌ها و روشهای اجرایی و تأثیر وام‌های خارجی که نه تنها پیش روی طرح‌های برق آبی، بلکه کل طرح‌های زیربنایی و اقتصادی کشور را تحت‌الشعاع خود قرار داده‌اند صحبت شود، فرصت بیشتری می‌طلبد، که متأسفانه به دلیل وجود محدودیت، تشریح این مسائل در این مقاله امکان‌پذیر نمی‌باشد.

مضاف بر مطالب مزبور که بیشتر جنبۀ سیاست‌گذاری و مدیریتی دارند، چالش‌های مهمتری هستند که از نظر فنی و علمی در طراحی و اجرای طرح‌های زنجیره‌ای روی رودخانه‌های جنوب کشور پیش‌رو می‌باشند، و مطالعات این‌گونه طرح‌ها به مراتب پیچیده‌تر از یک طرح آبی و یا برق آبی منفرد است، اما متأسفانه در کلیۀ طرح‌های در دست اقدام، داده‌های اولیه حسب شرایط موجود پیش‌بینی گردیده‌اند. در این ارتباط، اقداماتی در جهت بهینه‌سازی طراحی و بهره‌برداری طرح‌های زنجیره‌ای در حال جریان است که تا حصول نتیجه، راه نسبتاً درازی در پیش خواهد بود.

هدف از تنظیم این مقاله، پیش‌بینی موارد و احتمالاتی است که می‌توان بعضاً آنها را قبل از اتمام کار بهینه‌سازی حدس زد. این موارد به طور خلاصه عبارتند از: توجه و تجدیدنظر در اهداف و داده‌های اولیۀ طرح‌ها، تناسب مجموعۀ حجم مخازن زنجیره‌ای با رواناب سالانۀ یک رودخانه و یا رودخانه‌های به هم پیوسته، جلوگیری از تبخیر، نفوذ، خسارت مخزن، ازدیاد هزینه‌های سرمایه‌گذاری و غیره، مضرات طرح‌های مخزنی با هدف اولیۀ تأمین برق، لزوم شکستن چنین طرح‌هایی به طرح‌های زنجیره‌ای و تقسیم رأس آنها به رأس‌های کوچکتر، لزوم تنظیم روزانه، فصلی، سالیانۀ آب شرب و کشاورزی همراه با برق پیک، وجود دوگانگی بین تنظیم جریان تقریباً یکنواخت برای بار اوج مصرف و تنظیم غیریکنواخت فصلی برای آب شرب و کشاورزی در فصول گرم سال -عدم یکنواختی جریان تنظیمی سدهای بالادستی و از طرفی درنظر گرفتن آنها برای بار اوج مصرف، تعیین ظرفیت بهینۀ تأسیسات برق آبی در مقایسه با هزینۀ نیروگاه حرارتی معادل برای بار پایه و برای بار اوج مصرف در ارتباط با نیاز شبکه، بررسی و تجدیدنظر در ضرایب تولید طرح‌ها، مسئله یکنواختی بیشتر جریان در سدهای پایین‌دستی به دلیل وجود مخازن زنجیره‌ای عدیده در طول رودخانه و مشکل استفادۀ فصلی غیریکنواخت آب در انتهایی‌ترین زنجیرۀ رودخانه‌های جنوب کشور برای مصارف فصلی شرب و کشاورزی، مسئله سیلاب‌های طراحی با دورۀ بازگشت زیاد و چگونگی برخورد با آن به ویژه در طرح‌های زنجیره‌ای و طرح‌های پایین‌دستی و بالاخره نتیجه‌گیری از مباحث مذکور.

* - دانشکدۀ شهید عباس‌پور - گروه مهندسی نیروگاه

مقدمه

توسعهٔ منابع آب و طرح‌های برق آبی به منظور تأمین آب شرب، کشاورزی و صنعتی، تولید برق و بسیاری از فواید جنبی دیگر، مثل کنترل سیلاب و رسوب، بهبود شرایط زیست محیطی، پرورش آبزیان، ترابری رودخانه‌ای، تفریح و ورزش و غیره به اجرا درمی‌آیند. عمده‌ترین هدف از احداث طرح‌های مخزنی، تأمین آب و در طرح‌های جریانی، تأمین برق می‌باشد. البته تأمین برق در سدهای مخزنی به عنوان هدف دوم مورد توجه قرار می‌گیرد، همچنین در سدهای جریانی، ذخیره‌سازی مختصری صورت خواهد گرفت که تا اندازه‌ای مورد توجه است. حداقل ذخیره‌سازی که سدهای جریانی می‌توانند داشته باشند، این است که آب را در یک شبانه‌روز برای استفاده در بار اوج مصرف نگهداری نمایند. در هر یک از سدهای مخزنی و یا جریانی که به صورت منفرد در مسیر رودخانه‌ای قرار می‌گیرند، مطالعات زیادی صورت می‌پذیرد. به طور خلاصه این مطالعات عبارتند از:

بررسی‌های هیدرولوژی شامل بررسی‌های آماری حوزه‌های آبریز رودخانه و سرشاخه‌های مربوطه، روان‌آب طبیعی و سیلابهای محتمل در دوره‌های بازگشت، بررسی ساختارها و مطالعات زمین‌شناسی در گزینه‌های مختلف، بررسی میزان رأس، حجم مخازن و میزان ذخیره‌سازی، محاسبهٔ سطح آبگیر و خسارت مخزن، بررسی مسائل رسوب و محاسبهٔ عمر گزینه، بررسی جریان تنظیمی، بررسی قدرت و محاسبهٔ انرژی، مطالعات سازه‌ای، برآورد هزینه‌های ساختمانی و تجهیزاتی و...، مقایسه‌های اقتصادی گزینه‌ها با هم، مقایسهٔ اقتصادی گزینهٔ برتر با هزینهٔ نیروگاه‌های حرارتی معادل، تعیین ظرفیت نیروگاه، انتخاب گزینهٔ برتر و استخراج مطالعات توجیهی، انجام طراحی مقدماتی، مفهومی و تفصیلی، برگزاری مناقصه‌ها و اجرای طرح.

و اما در مورد طرح‌های زنجیره‌ای که چه به صورت مخزنی و چه به صورت جریانی در مسیر یک رودخانه و یا چند رودخانهٔ به هم پیوسته به اجرا درمی‌آیند، مسائل پیچیده‌تر از آن است که بدان‌ها اشاره شد. در هر کدام از طرح‌های مخزنی و جریانی که به صورت یک زنجیره به دنبال هم قرار می‌گیرند، علاوه بر بررسی‌های مزبور، باید به نکات مهمی توجه داشت که هر کدام از آنها می‌توانند ضمن

حسن مخازن زنجیره‌ای در این است که به دلیل ذخیره‌سازی بیشتر، امکان یکنواخت کردن جریان را در طول سال به ویژه در طرح‌های پایین‌دستی افزایش می‌دهد

صرفه‌جویی در هزینه‌ها، از ایجاد خسارت‌های سنگین نیز جلوگیری نمایند.

طرح‌های برق آبی زنجیره‌ای جنوب کشور، نیازها و هزینه‌ها

پرواضح است که اصولاً هر طرحی و یا مجموعه‌ای از طرح‌ها در ارتباط با نیازهای کشور معنی پیدا می‌کنند. اگر نیازی وجود نداشته باشد، علی‌رغم وجود همهٔ امکانات طبیعی، اجرای هیچ طرحی به صرفه نخواهد بود. به عنوان مثال، اگر در منطقه‌ای زمین کشاورزی و توسعهٔ طرح‌های صنعتی وجود نداشته باشد، یا منطقه خالی از سکنه باشد، هیچ نیازی به ذخیره‌سازی آب نخواهد بود. یا اگر محل مصرف انرژی در منطقه وجود نداشته باشد و هزینهٔ انتقال انرژی نیز سرسام‌آور باشد، طبیعتاً لزومی به تولید انرژی برق آبی نمی‌باشد. بنابراین در درجهٔ اول، نیازها باید مورد رسیدگی و ارزیابی قرار گیرند.

اگرچه در مورد برآورد کلیهٔ نیازها و ارزیابی آنها تردیدهایی وجود دارد، ولی در این گزارش فرض بر این گذاشته شده است که نیازهای آب و برق و بهره‌گیری از این مواهب طبیعی به هر میزان که باشند، محرز و به صرفه خواهند بود. ولی یک نکته را نباید فراموش کرد که این نیازها بعضاً از نظر زمانی و فصلی متفاوت می‌باشند. به عنوان مثال در فصل بهار و تابستان که هوا گرم است، هم به آب شرب و آب کشاورزی و صنعتی نیاز بیشتری است و هم میزان برق پایه افزایش خواهد داشت. البته میزان برق در اوج مصرف در فصول مختلف سال چون بیشتر به مصارف روشنایی برمی‌گردد، تفاوت چندانی نخواهد کرد. بنابراین علی‌رغم محرز بودن نیازها، برآورد میزان و تغییرات آنها در طول سال و حتی در طول هفته و یا شبانه‌روز امری الزامی است.

حضور نیروگاه‌های برق آبی در شبکه، علی‌رغم فواید زیاد، به دلایل تغییراتی که نسبتاً خارج از کنترل بهره‌بردار و تا حدودی بسته به شرایط طبیعی و فصلی می‌باشد، از نظر مطالعات شبکه بسیار پیچیده است. به علاوه تنوع سالها از نظر پرآبی و کم‌آبی نیز مزید بر علت می‌باشد. به هر حال با توجه به جمیع تغییرات و با درنظر گرفتن کلیهٔ احتمالات، برای تولید بهینهٔ این نیروگاه‌ها یک منحنی فرمان ترسیم می‌شود که این منحنی در طول سال یکنواخت نبوده و سال به سال نیز تغییر خواهد کرد.

نیروگاه‌های آبی در فصول کم‌آبی فقط در ساعات اوج مصرف مورد استفاده قرار می‌گیرند، ولی در فصول پرآبی به دلیل پرشدن مخزن، هم در اوقات اوج مصرف و هم در بار پایه، از آن‌ها استفاده خواهد شد. به طور کلی یک تأسیسات برق آبی از دو جا فرمان می‌گیرد، یکی از مرکز کنترل آب و دیگری از مرکز کنترل برق. به دلیل اینکه همواره بهره‌گیری از آب اولویت دارد، بنابراین مرکز کنترل برق باید تابع مرکز کنترل آب باشد و این خود مطالعات شبکه را پیچیده می‌کند. یکی دیگر از مواردی که مسئله بررسی طرحهای برق آبی به ویژه طرحهای زنجیره‌ای را پیچیده‌تر می‌کند، استفاده نیروگاه‌های برق آبی در بار اوج مصرف است. وقتی یک نیروگاه برای بار اوج مصرف برنامه‌ریزی می‌شود، یعنی سرمایه‌گذاری کلانی فقط برای ۴-۵ ساعت از اوج مصرف برق در شبانه روز صورت می‌پذیرد، اگر به دلیل برنامه‌ریزی نامناسب و یا هر دلیل دیگر در بیش از نیمی از سال از این سرمایه‌گذاری استفاده نشود، خسارت و عدم‌النفع زیادی متوجه کشور خواهد گردید. به عنوان مثال در طرح کارون ۱، براساس آمار موجود در فصول مختلف سال ضریب تولید متفاوت است. این ضریب در بهار حدود ۹۰ تا ۱۰۰ درصد، در تابستان حدود ۴۰ درصد و در پاییز و زمستان حدود ۲۰ درصد است. حال اگر قرار باشد این نیروگاه تا دو برابر ظرفیت توسعه یابد، ضرایب مزبور نصف خواهند شد. بدین ترتیب در فصل تابستان نیروگاه صرفاً باید در بار اوج مصرف کار کند و در پاییز و زمستان نیز علی‌رغم استفاده در بار اوج مصرف هنوز هم نیمی از ظرفیت نصب شدهٔ نیروگاه بلااستفاده خواهد ماند. به طور کلی هرچه جریان خروجی از یک سد در طول سال یکنواخت‌تر باشد، مطالعات شبکه آسان‌تر خواهد بود.

غیریکنواختی تولید بار پایهٔ نیروگاه‌های آبی در طول سال، تا حدودی به وسیلهٔ نیروگاه‌های حرارتی ذخیره و ظرفیت‌های ذخیرهٔ شبکه قابل جبران است، ولی اگر یک نیروگاه آبی برای بار اوج مصرف سرمایه‌گذاری شده باشد، باید این امکان وجود داشته باشد که در طول سال به صورت یکنواخت و مفید از این سرمایه‌گذاری اضافی استفاده گردد. خوشبختانه حسن مخازن زنجیره‌ای در این است که به دلیل ذخیره‌سازی بیشتر، امکان یکنواخت کردن جریان را در طول سال به ویژه در طرحهای پایین‌دستی افزایش می‌دهد.

به هر ترتیب، سوای انچه که در توان تولید یک طرح برق آبی از نظر برق پایه و اوج مصرف می‌باشد، نیاز شبکه به برق پایه و اوج مصرف نیز از قبل باید برآورد شده باشد و مولدهای دیگری که در شبکه موجودند و می‌توانند برق مورد نیاز اوج مصرف را تولید کنند، در نظر گرفته شوند، تناسب بین برق پایه و اوج مصرف حفظ شود، مسائل انتقال نیرو بررسی گردد و محاسبات فنی اقتصادی لازم صورت پذیرد. در این مورد شرح خدمات مفصلی توسط واحد مطالعات سیستم شرکت مشانیر تهیه شده است که به دلیل حجم زیاد از ارائه آن خودداری می‌گردد.

قدرمسلم آن است، موقعی که سدهای زنجیره‌ای متعدد روی یک رودخانه احداث می‌گردند، روند بهره‌برداری آب و برق از طرح‌های زنجیره‌ای به کلی تغییر می‌کند، ولی چگونه و تا چه اندازه؟ این مسئله‌ای است که باید طرح جامع مطالعات بهینه‌سازی بهره‌برداری در دستاقدام بدان پاسخ دهد.

اگر چه جواب طرح بهینه‌سازی از قبل قابل پیش‌بینی دقیق نیست، ولی تا حدودی برخی احتمالات را می‌توان حدس زد. هدف از نوشتن این مقاله پیش‌بینی برخی از احتمالات است که می‌تواند ما را تا حدودی به این مسئله رهنمون سازد. امید که قبل از هرگونه سرمایه‌گذاری سنگین و صرف وقت زیاد به عواقب آنچه که انجام می‌دهیم و یا به اجرا درمی‌آوریم، واقف باشیم.

مراحل اجرای طرح‌های برق آبی

به طور کلی سلسله مراتب مطالعات یک طرح یا مجموعهٔ طرح‌های برق آبی زنجیره‌ای به این شرح می‌باشد:

۱- بررسی نیازهای منطقه‌ای و فصلی به آب شرب و کشاورزی و صنعتی و حفظ محیط زیست در بلندمدت.

۲- بررسی نیازهای شبکه به برق پایه و اوج مصرف و بررسی مسائل انتقال نیرو در ارتباط با امکانات بالقوهٔ موجود در منطقه.

۳- بررسی منافع ناشی از کنترل سیلابها و رسوب.

۴- اولویت‌بندی اهداف و نیازهای مطروحه در سه بند مذکور به عنوان اهداف اولیه و ثانویه و سایر مزایای جنبی طرح‌های برق آبی.

۵- ارزیابی نیازها و ارزش‌دهی به تمام امتیازات مورد اشاره در بندهای مذکور.

(تا این مرحله به نیازها و اهداف اشاره کردیم و از اینجا به بعد به بررسی طرح‌هایی که می‌توانند این نیازها را برآورده کنند، می‌پردازیم.)

۶- بررسی منابع آب و حوزه‌های آبریز، بررسی سیلابهای محتمل و رسوبات.

۷- انتخاب گزینه‌های مختلف جهت تحقق اهداف و تأمین نیازها و انجام مطالعات لازم در هر گزینه:

۷-۱- بررسی میزان بارش در حوزه‌ها، محاسبهٔ روان‌آب سالیانه، حجم سیلابهای محتمل و رسوبات در دوره‌های مورد مطالعه و بهره‌برداری در گزینه‌ها و طرح‌های مختلف زنجیره‌ای در طول مسیر رودخانه و یا رودخانه‌های به هم پیوسته.

۷-۲- درنظر گرفتن احجام کافی برای ذخیره‌سازی مناسب در گزینه‌های سدهای مخزنی، جریانی و زنجیره‌ای برای مهار و کنترل آبریزها و سیلابها و انطباق و بهینه‌سازی ظرفیت‌ها با نیازها و اهداف گفته شده با توضیحات لازم و کافی و استخراج هزینه‌های مربوطه.

۷-۳- بررسی رأس و دبی طراحی، تخمین ظرفیت نیروگاه، مطالعات انرژی در گزینه‌های مختلف سدهای مخزنی و جریانی، استخراج هزینه‌های مربوطه و هزینه‌های انتقال انرژی به نقاط مصرف.

۷-۴- بررسی موقعیت نیروگاه‌های برق آبی در شبکه از نظر مکانی و زمنی، بار پایه و اوج مصرف، پایداری شبکه و غیره.

۸- بررسی و استخراج هزینه‌های انواع نیروگاه‌های حرارتی (گازی و چرخهٔ ترکیبی-بخاری) و نیز تلمبهٔ‌ذخیره‌ای برای مقایسهٔ طرح‌های برق آبی جهت بار پایه و اوج مصرف.

۹- تنظیم مدل بهینهٔ بهره‌برداری که کلیه منافع طرح را در خصوص تأمین نیازهای آب شرب، کشاورزی و صنعتی، برق پایه و اوج مصرف، در ساعات شبانه روز و در فصول مختلف سال با در نظر گرفتن کلیهٔ عوامل فنی و اقتصادی پوشش دهد.

۱۰- تکمیل مطالعات توجیهی گزینه‌ها، مطالعات فنی و اقتصادی و انجام مقایسه‌های لازم و انتخاب گزینهٔ برتر.

۱۱- انجام طراحی مقدماتی و مفهومی، برآورد دقیق هزینه‌ها.

۱۲- برگزاری مناقصه‌ها و عقد قراردادهای لازم.

۱۳- انجام طراحی تفصیلی و شروع کارهای اجرایی.

مسائلی که بدانها اشاره شد به صورت معمول در مورد تمام طرحهای تک مخزنه و زنجیره‌ای صورت می‌پذیرد، ولی برای طرحهای زنجیره‌ای مواردا‌ضافی دیگری هست که اگر بدانها توجه نگردد بجز اتلاف وقت و سرمایه ثمره دیگری دربر نخواهد داشت. در واقع هدف از تنظیم این گزارش نه اشاره به مطالب احیاناً ناقص، بلکه اشاره به مواردی است که به دلایل نامشخصی در طرح‌های زنجیره‌ای مورد توجه قرار نگرفته‌اند.

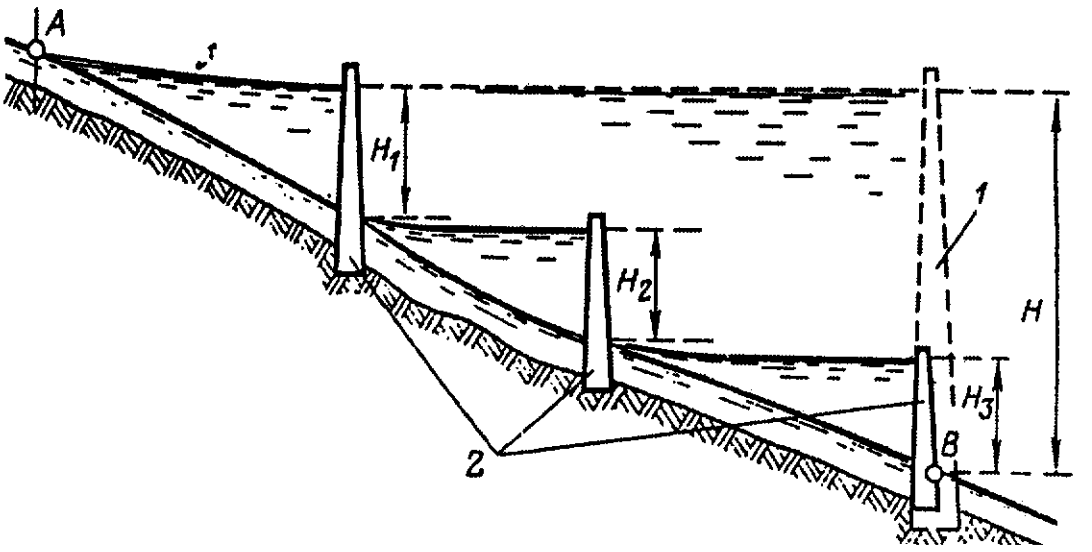
نکات مهمی که باید در طرح‌های زنجیره‌ای مورد توجه قرارگیرند

الف- به طور کلی هدف اولیه در سدهای مخزنی تأمین آب و در سدهای جریانی تأمین برق می‌باشد.

ب- برای مهار و کنترل آب در مسیر یک رودخانه که دارای حوزه‌های آبریز و روان‌آب محدود می‌باشد، به ظرفیت محدود و معینی از مخازن جهت ذخیره‌سازی نیاز است. البته در این مخازن به منظور جلوگیری از افتِ رأس و تولید انرژی بیشتر، ظرفیت‌هایی را به عنوان احجام مرده درنظر می‌گیرند که این احجام را نباید به عنوان حجم ذخیره‌سازی درنظر گرفت.

ج- ایجاد مخازن متعدد با ظرفیت‌های دست بالا به منظور ذخیره‌سازی، چنانچه از میزان ظرفیت مورد نیاز بیشتر باشند نه تنها منافعی دربر نخواهند داشت، بلکه از جهت افزایش هزینهٔ ساخت، افزایش سطح آبگیر، تبخیر، نفوذ آب، خسارت مخزن، هزینه‌های تزریق و غیره مضر نیز خواهند بود.

د- ایجاد سد مخزنی با هدف اولیهٔ تولید برق اشتباه است، زیرا در این گونه مخازن علاوه بر مضرات مورد اشاره در بند ج، جهت تأمین



شکل ۱ـ طرح‌های آبی زنجیره‌ای: ۱ـگزینهٔ تک مخزنی ۲ـگزینهٔ زنجیره‌ای

رأس بیشتر، ناگزیر به نگهداری بخش عظیمی از آب به عنوان حجم مرده و همچنین ناگزیر به سرمایه‌گذاری زیاد جهت احداث سدهای مرتفع می‌باشیم.

در این گونه موارد، باید با تقسیم رأس به رأس‌های کمتر، سدهای جریانی کوچکتری احداث نمود که ضمن سرمایه‌گذاری کمتر از افزایش سطح آبگیر، خسارت مخزن، نفوذ آب، تبخیر، مشکلات آب‌بندی، اصلاح و تحکیم پی و غیره نیز جلوگیری گردد. شکل ۱، نمونه‌ای از کاهش حجم بندهٔ سد را نشان می‌دهد. کاهش ارتفاع سد، کاهش حجم عملیات تزریق را نیز به دنبال خواهد داشت.

به طوری که از شکل پیداست، بخش عظیمی از حجم عملیات بدنهٔ سد کاهش یافته و در بسیاری از هزینه‌های مربوطه صرفه‌جویی می‌گردد.

هـ- به طول کلی ذخیره‌سازی به منظورهای مختلف صورت می‌پذیرد که مهمترین آن‌ها تأمین آب می‌باشد. ذخیره‌سازی مناسب باعث می‌شود که در فصول مختلف سال روان‌آب مورد نیاز برای مصارف شرب، صنعتی و کشاورزی در دسترس باشد. نظر به اینکه در فصول مختلف سال میزان نیاز به آب یکسان نیست، بنابراین ممکن است در دو فصل گرم از سال نیاز به آب بسیار زیاد، و در دو فصل دیگر نیاز به آب بسیار کم باشد.

و- یکی دیگر از منظورهای ذخیره‌سازی این است که بتوانیم به صورت تقریباً یکنواخت از آب ذخیره شده برای تولید برق به ویژه در بار اوج مصرف استفاده کنیم، و در فصولی از سال که به تولید انرژی بیشتری نیاز داریم، از ذخیرهٔ آب برای بار پایه نیز استفاده نماییم.

ز- بدین ترتیب حجم ذخیره‌سازی در تأسیسات زنجیره‌ای باید به اندازهٔ مناسب (نه کم و نه زیاد) درنظر گرفته شود که هم ذخیره‌سازی مناسب صورت پذیرد و هم از هزینه‌های اضافی و مضرات مورد اشاره در بندهای ج و د جلوگیری گردد.

ح- با توجه به آنچه که گفته شد، از طرفی برای تولید برق به ویژه برق اوج مصرف به جریان تنظیمی تقریباً یکنواخت نیاز داریم و از طرف دیگر برای تأمین آب در دو فصل گرم از سال، به دبی غیریکنواخت نیاز خواهد بود. این دوگانگی! باید به صورتی در برنامهٔ بهینه‌سازی بهره‌برداری از طرحهای چند منظوره و زنجیره‌ای حل گردد.

خوشبختانه در کشور ما در دو فصل بهار و تابستان که به آب زیادی نیاز است، بار پایهٔ شبکه نیز بیشتر از فصول دیگر می‌باشد و این خود یک همخوانی طبیعی بین بار پایهٔ شبکه و آب مصرفی در کشور ما می‌باشد که آن را باید به فال نیک گرفت. البته این مسئله اولاً در مورد بار اوج مصرف صادق نخواهد بود. ثانیاً باید توجه داشت که به هر میزان که نیروگاه آبی در بار پایه کار کند، زمان استفادهٔ آن در بار اوج مصرف، به مقیاس زیادی کاهش خواهد یافت.

ط- به طور کلی در سدهای مخزنی زنجیره‌ای هرچه بیشتر به طرف بالادست برویم، عدم یکنواختی جریان خروجی از سدها بیشتر خواهد بود و هرچه به سمت طرحهای پایین دست برویم، به دلیل ذخیره‌سازی بیشتر در مخازن، خروجی های تنظیمی یکنواخت‌تری خواهیم داشت. این یکنواختی می‌تواند تا حدودی سرمایه‌گذاریهای زیادی را که برای تولید برق به ویژه برق اوج مصرف صورت گرفته است، پوشش دهد. بنابراین توصیه می‌شود که به دلیل عدم یکنواختی جریان در سدهای بالادستی، حتی‌الامکان از درنظر گرفتن آن‌ها برای تولید برق اوج مصرف خودداری گردد.

ی- به طور کلی احداث سدهای مخزنی به منظور تولید برق در پایین دست سدهای مخزنی زنجیره‌ای اشتباه است، زیرا با توجه به طرحهای مخزنی بالادست به طور حتم جریان عبوری از آن‌ها اگر نه صددرصد بلکه تا درصد بسیار بالایی یکنواخت خواهد بود. بنابراین به صلاح است که کلیهٔ طرحهای پایین دستی به صورت جریانی در نظر گرفته شوند. در این مورد در بند د توضیحات کافی داده شده است.

ک- اگر چنانچه در انتهایی‌ترین تأسیسات زنجیره‌ای تأمین آب در فصول گرم بهار و تابستان مدنظر باشد، در این صورت باید در انتهای زنجیره مخزنی ساخت که مجدداً جریان‌های یکنواخت عبوری از سلسله طرحهای مخزنی و جریانی را که برای بار اوج مصرف درنظر گرفته شده‌اند، به جریان غیریکنواخت فصلی برای آب شرب و کشاورزی و غیره تبدیل نماید.

در این صورت، یک سد مخزنی که بتواند این کار تنظیم (سالیانه) را انجام دهد، در انتهایی‌ترین طول زنجیره مورد نیاز خواهد بود. برای جلوگیری از افزایش حجم چنین مخزنی و اینکه بتواند ذخیره‌سازی مناسب را انجام دهد، باید از حجم مردهٔ آن نیز استفاده شود. در این صورت، چنین مخزنی برای سرمایه‌گذاری تولید برق به ویژه برق اوج مصرف مناسب نخواهد بود.

ل- اگر از ابتدا کل طرحهای زنجیره‌ای برای جریان غیریکنواخت فصلی مورد نیاز شرب و کشاورزی مورد استفاده قرار گیرند (مانند کارون ۱)، در این صورت کلیهٔ طرحهای مخزنی و جریانی در طول زنجیره ممکن است در فصولی از سال، تولید ۱۰۰ درصد و در بخش زیادی از سال تولید چندانی نداشته باشند و یا با ضریب تولید بسیار پایین کار کنند که از نظر اقتصادی به صرفه نیست و یا حداقل برای بار اوج مصرف اقتصادی نخواهند بود. بنابراین در طرحهای زنجیره‌ای باید منحنی فرمان مناسبی برای کل طرحهای به هم پیوسته طراحی گردد.

م- در کلیهٔ سدها حجم زیادی از سرمایه‌گذاری برای ساخت سازه‌های سرریز و گذراندن سیلابهای احتمالی با دورهٔ تناوبی زیاد درنظر گرفته می‌شود. صرفنظر از اینکه چنین هزینه‌هایی ممکن است برای این دوره‌های بازگشت طولانی به صلاح نباشد، در عین حال تأثیر سدهای زنجیره‌ای را در کاهش حجم سرریزها و حجم سازه‌های آن نباید از نظر دور داشت. یکی از فواید طرح بهینهٔ بهره‌برداری، کاهش قابل توجه حجم سازه‌های سرریز و غیره می‌باشد.

ن- از دیگر مزایای یکنواختی (تنظیم نسبی) جریان در طول طرحهای زنجیره‌ای، این است که ظرفیت نصب شدهٔ نیروگاه‌های پایین دستی به مقیاس قابل توجهی کاهش خواهد یافت. زیرا دیگر نیازی نیست که این نیروگاه‌ها در یک فصل پرآب با تولید کامل کار کند و در سه فصل از سال با تولید کم و یا بدون تولید بمانند. در این حالت، تولید بالای فصل پرآب در دیگر فصل‌ای سال سرشکن خواهد شد.

نتیجه‌گیری

همان گونه که اشاره شد، مجموعهٔ طرحهای زنجیره با اهداف گوناگون، مطالعات پیچیده‌ای دارند. اگرچه می‌توان تا حدودی برخی از نتایج آن‌ها را حدس زد، ولی تا مطالعات کامل و طراحی مدل بهینهٔ بهره‌برداری، و حتی ساخت و آزمایش مدل، هیچ قضاوت کاملی نمی‌توان داشت.

حجم ذخیره‌سازی مفید در طرح‌های زنجیره‌ای باید متناسب با روان‌آب متوسط سالانه و با درنظر گرفتن خروجی تنظیمی محاسبه شوند

در حال حاضر، طرحهای زیادی روی سه رودخانهٔ دز، کارون و کرخه پیش‌بینی شده‌است. بر روی رودخانه کارون با سرشاخه‌های آن به تنهایی ۱۱ سد و نیروگاه آبی به نام‌های، بازفت، خرسان ۱، ۲، ۳، کارون ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و طرحهای جریانی مسجد سلیمان و گتوند کلاً با ذخیره‌سازی مفید ۹ میلیارد مترمکعب و ظرفیت تولیدی ۱۵ هزار مگاوات پیش‌بینی شده است. مشابه این طرح‌ها، ۵ سد در روی رودخانهٔ دز به نام‌های رودبار لرستان، لیرو، زالکی، بختیاری و دز کلاً با ذخیره‌سازی مفید ۲/۷ میلیارد مترمکعب و ظرفیت ۵۲۵۰ مگاوات پیش‌بینی گردیده است. طرحهای روی رودخانهٔ کرخه و سرشاخه‌های مربوطه عبارتند از تنگ معشوره، گرماب، سازبن، سیمره، پاعلم و کرخه که از ظرفیت کل ذخیره‌سازی مفید آن‌ها ۸ میلیارد مترمکعب و ظرفیت تولیدی کل آنها ۳۱۶۵ مگاوات در نظر گرفته شده است. چنانچه از آمار ظرفیت‌های نیروگاه‌ها پیداست، علی‌الظاهر کلیهٔ ظرفیت‌های پیش‌بینی شده برای بار اوج مصرف با ضرایب تولید بین ۱۶ تا ۲۴ درصد درنظر گرفته شده‌اند.

از بین ۲۲ طرح بزرگی که به صورت زنجیره‌ای در روی این سه رودخانه مطرح می‌باشند، دو سد مخزنی کارون ۱ و دز پیش از انقلاب مورد بهره‌برداری قرار گرفته‌اند و مابقی در دست ساخت و یا طراحی و مطالعه می‌باشند.

اگر چنانچه سدهای در دست اقدام روی رودخانه‌های کارون، دز و کرخه را مورد بررسی اجمالی قرار دهیم، به مواردی برمی‌خوریم که با توضیحاتی که تاکنون داده شده است در تعارض می‌باشند، این موارد عبارتند از:

۱- به طور قطع در مطالعات صورت گرفته حجم کل ذخیره‌سازی در مخازن زنجیره‌ای با روان‌آب کل این رودخانه‌ها و سرشاخه‌های آن‌ها متناسب نشده‌اند. به عنوان مثال هنگامی که سد شوشتر مورد مطالعه قرار گرفته، تنها تأثیرات مخازن کارون ۱ و کارون ۳ روی آن دیده شده است و تأثیرات کلیهٔ مخازن روی آن درنظر گرفته نشده‌اند. و در مورد سایر طرح‌ها نیز مشابه همین مشکل وجود دارد.

به طور کلی، حجم ذخیره‌سازی مفید در طرح‌های زنجیره‌ای باید متناسب با روان‌آب متوسط سالانه و با درنظر گرفتن خروجی تنظیمی محاسبه شوند. ولی متأسفانه در مورد رودخانهٔ کرخه حتی بدون درنظر گرفتن خروجی سالیانه، حجم مفید مخازن بسیار بالاتر از روان‌آب متوسط سالیانه است. در حال حاضر، حجم کل مخازن پیش‌بینی شده روی کرخه ۱۸ میلیارد مترمکعب و حجم مفید مخازن ۸ میلیارد مترمکعب و روان‌آب سالانه به طور متوسط ۵/۶ میلیارد مترمکعب می‌باشد که حتی از حجم مفید مخازن نیز بسیار پایین‌تر است. این مسئله نشان می‌دهد که در رودخانهٔ کرخه با توجه به مخازن بالادستی می‌توانستیم ارتفاع سد کرخه را پایین‌تر گرفته و حجم ذخیره‌سازی را متناسب با روان‌آب رودخانه کاهش دهیم. در مورد رودخانهٔ کارون نیز اگر خروجی‌های تنظیمی را از روان‌آب ورودی کسر نماییم، یقیناً حجم روان‌آب مورد ذخیره بسیار پایین‌تر از حجم مفید مخازن پیش‌بینی شده خواهد شد. متأسفانه به دلیل اینکه خروجی‌های تنظیمی و حجم ذخیره‌سازی هنوز از طرح بهینه‌سازی این رودخانه‌ها استخراج نشده است، لذا در مورد این رودخانه نمی‌توان آماری را ارائه داد. در بندهای ج و د اشاره شد که اضافه بودن حجم مخازن نسبت به روان‌آب سالیانه مضرباتی را به دنبال دارد.

۲- هم‌اکنون در خروجی کارون ۱ غیریکنواختی وجود دارد. چنانچه این غیریکنواختی به دلیل کمبود حجم مخزن باشد، این مسئله با وجود مخازن بالا مرتفع خواهد شد، ولی بخشی از این غیریکنواختی به دلیل نیاز به آب در پایین‌دست می‌باشد. بنابراین ذخیره‌سازی بیشتر، همهٔ مشکلات را برطرف

نخواهد کرد و ممکن است همان مشکلاتی که برای کارون ۱ در فصول پاییز و زمستان وجود دارد، برای بقیهٔ طرح‌ها نیز تا حدودی به وجود آید.

۳ـ در طرح کارون ۳، در حال حاضر ظرفیت ۲ هزار مگاوات با ضریب تولید ۲۴ درصد و قابل افزایش به ۳ هزار مگاوات با ضریب تولید متوسط ۱۶ درصد پیش‌بینی شده است. چنانچه در این طرح در فصول مختلف سال بهره‌برداری یکنواخت صورت پذیرد، ظرفیت ۲ هزار مگاوات با ضریب تولید ۲۴ درصد برای بار اوج مصرف کافی و شاید هم اضافه به نظر برسد. ضمن اینکه این حجم از ذخیره‌سازی در مخزن موجود کارون ۱، دیگر موردی نخواهد داشت و اگر در نیروگاه کارون ۳ خروجی غیریکنواخت در فصول مختلف سال داشته باشیم که ظاهراً داریم، روی نیروی اوج مصرف نسبتا یکنواخت این طرح در تمام فصول سال نمی‌توان حساب کرد. به اضافه اینکه، در فصولی از سال ممکن است بیش از نیمی از واحدهای این نیروگاه همانند توسعهٔ کارون ۴ تولید نداشته باشند و ضریب تولید کل نیروگاه در این فصول بسیار پایین باشد.

۴ـ چنانچه سدهای مخزنی بالادست کارون ۳ ذخیره‌سازی مناسب داشته باشند و بتوانند خروجی‌های تنظیم شده و تقریباً یکنواختی را به کارون ۳ تحویل نمایند (بجز آبریزهای حوزهٔ میانی) در این صورت بهتر بود که طرح کارون ۳ و طرحهای پایین دست آن مثل کارون ۲، در حد ذخیره‌سازی آبریزهای حوزه‌های میانی ذخیره‌سازی نمایند. آن وقت می‌شد که طرحهای کارون ۲ و ۳ را به طرحهای نیمه مخزنی و نیمه جریانی تبدیل و رأس‌های این طرح‌ها را به رأس‌های پایین‌تری تقسیم نمد. مشابه این مسئله در رودخانه‌های کرخه و دز نیز وجود دارد.

۵ـ با توجه به جغرافیای منطقه به نظر می‌رسد که در محدودهٔ طرحهای زنجیره‌ای رود کارون تا انتهایی‌ترین تأسیسات برق آبی- یعنی سد شوشتر نیاز چندانی به آب نباشد و می‌توان گفت که تمام روان‌آب رودخانهٔ کارون و مجموعهٔ سدهای زنجیره‌ای پس از کسر ضایعات ناشی از نفوذ و تبخیر به سد شوشتر می‌ریزند.

همان‌گونه که در توجیه این طرح آمده است، هدف اولیه از اجرای این طرح، تولید برق می‌باشد، گو اینکه سد شوشتر ظاهراً یک سد مخزنی جریانی است! که با توجه به ذخیره‌سازی طرحهای بالادست می‌تواند ورودی و خروجی تقریباً تنظیم شده و یکنواختی داشته باشد. بنابراین، احداث یک سد مخزنی با رأس بالا برای صرفاً تولید برق که نیازی به ذخیره‌سازی نیز ندارد، بنا به آنچه که قبلاً گفته شد، هیچ گونه توجیهی نخواهد داشت. ظاهراً در پیشنهاد اولیه، احداث سه سد کوتاه جریانی به جای یک سد مخزنی پیشنهاد شده بود که نهایتاً سد خزنی شوشتر به عنوان گزینهٔ برتر برگزیده شده است!!

هدف اولیه در سدهای مخزنی تأمین آب و در سدهای جریانی تأمین برق می‌باشد

۶ـ از مسئله توجیه‌پذیری طرح شوشتر که بگذریم، مسئله دیگر نیاز غیریکنواخت به آب در پایین دست سد کارون در برنامه قرار گرفته‌اند، دبی ورودی به سد شوشتر می‌توانند تقریباً یکنواخت باشد. اگر همین مقدار از دبی نیز از سد گتوند خارج گردد، به ناچار بخشی از روان‌آب در پاییز و زمستان به دریا خواهد ریخت. اگر بخواهیم روان‌آبی به دریا نریزیم، پس باید در دو فصل پاییز و زمستان مطلقا تولید برق نداشته باشیم. در ضمن در آخرین حلقه از زنجیرهٔ این سدها امکان ذخیره‌سازی آب را برای فصلهای گرم نیز به وجود آوریم. بنابراین در اینجا چند مسئله مطرح می‌گردد که باید مورد رسیدگی قرار گیرند.

اول اینکه، روان‌آب خروجی در پاییز و زمستان چه اندازه برای ما مهم است. آیا نیاز به ذخیره‌سازی این مقدار روان‌آب و استفاده از آن را در فصول دیگر سال داریم یا خیر؟ جواب این سؤال به احتمال قوی مثبت خواهد بود.

دوم اینکه، اگر جواب مثبت است، پس باید یک مخزن حساب شده برای ذخیره‌سازی این حجم از روان‌آب را برای تبدیل جریان تقریباً یکنواخت به خروجی غیریکنواخت مورد نیاز در بهار و تابستان داشته باشیم.

سوم اینکه، مخزن سد شوشتر که به طور قطع یک تأسیسات برق آبی با هدف برق احداث شده است، شامل چنین توجیهی نیست، دلیل بارز آن اینکه، قرار بود به جای یک مخزن، سه سد جریانی احداث گردد. همچنین این تأسیسات با هدف تولید برق و به ویژه برق برای اوج مصرف با بهره‌گیری از جریان خروجی تقریباً یکنواخت در طول سال تا ظرفیت ۲ هزار مگاوات برای برق اوج مصرف برنامه‌ریزی شده است!

۷ـ با توجه به موارد مذکور، شاید پیشنهاد بهینه این باشد که علی‌رغم اینکه نباید برای یک تأسیسات برق آبی مثل گتوند علیا با ورودی تقریباً یکنواخت که هدف اولیهٔ آن نیز تولید برق است سد مخزنی درنظر بگیریم، ولی این اتفاق را به فال نیک گرفته و این مخزن را حتی با حجم مردهٔ آن برای ذخیره‌سازی آب ورودی تقریباً یکنواخت و تبدیل آن به خروجی غیریکنواخت برای مصرف آب کشاورزی در فصول بهار و تابستان مورد استفاده قرار دهیم. بدین ترتیب روان‌آب کمتری به دریا خواهد ریخت. در عوض در مورد تولید این نیروگاه به ویژه برای بار اوج مصرف باید تجدیدنظر به عمل آوریم.

خوشبختانه سدهای مخزنی کرخه و دز نیز که در انتهایی‌ترین زنجیره قرار گرفته و دارای حجم ذخیره‌سازی نسبتاً زیاد هستند، می‌توانند برای ذخیره‌سازی و تبدیل ورودی یکنواخت به خروجی غیریکنواخت برای مصرف آب کشاورزی در فصول گرم مورد استفاده قرار گیرند.

۸ـ در حال حاضر حجم سازه‌های سرریز و یا تونل‌های انحراف و مجاری آب‌بر براساس سیستم تک مخزنی محاسبه شده و می‌شود که این مسئله هزینه سرمایه‌گذاریها را بسیار افزایش می‌دهد. با انجام طرح، بهینه‌سازی این هزینه‌ها به میزان قابل توجهی کاهش خواهند یافت.

با توجه به آنچه که گفته شد و اینکه طرح بهره‌برداری بهینه از تأسیسات زنجیره‌ای روی رودخانه‌های کارون، دز و کرخه توسط شرکت آب و نیرو و مشاور او شرکت مشانیر هنوز به اتمام نرسیده است، پیشنهاد می‌گردد که اولاً تا حصول نتیجه بجز طرحهای در دست اقدام هیچ طرح دیگری وارد مرحلهٔ اجرایی نگردد. ثانیاً روی توسعه و افزایش ظرفیت نیروگاهها تا دو یا سه برابر ظرفیت برای بار اوج مصرف به ویژه در مورد طرح شوشتر تجدیدنظر جدی به عمل آید. ■