فصل اول

مقدمه ای بر سیستم های قدرت

۱-۱ تاریخچه توسعه صنعت برق جهان

- قبل ازقرن نوزدهم وسايلي مانند شمع وچربيها منابع تامين روشنايي بودند.

- در اواسط قرن نوزدهم استفاده از چراغ گازي بسيار رايج بود ولي ايمني زيادي نداشت.

- تحولات در زمينه توليد الكتريسيته توسط فاراده و هانري و تحولات در زمينه استفاده از الكتريسيته بصورت لامپهاي التهابي توسط اديسون انجام شد.

- سال ۱۸۸۰ شركت روشنايي پرل استريت Pearl Street Illumination Company در مانهاتان نيويورك توسط اديسون تاسيس شد و توليد برق الكتريكي جريان مستقيم (DC) با استفاده از دينامومترهاي DC و موتورهاي بخار انتقال با كابلهاي زيرزميني مصرف روشنايي بارهای اطراف را تامين نمود كه در طی ۸ سال بهره برداري فقط ۳ ساعت خاموشي داشت.

سيستم پرل استريت اديسون با برق DC كار مي كرد .

بعد از پروژه آبشار نياگارا صنعت برق منحصراً از برق AC استفاده مي كند .

- پس از آن رشد سريع شركتهاي روشنايي محلي در اروپا و امريكا بوقوع پيوست.

- اختراع موتور القايي جريان متناوب (AC) در اواخرقرن نوزدهم انجام شد.

- سال ۱۸۸۵ اولين سيستم توزيع جريان متناوب برای بار مصرفی ۱۵۰ لامپ توسط جرج وستينگهاوس اجرا گرديد.

- سال ۱۸۹۰ اولين خط انتقال AC تكفاز بطول ۲۱ كيلومتر مورد بهره برداري قرار گرفت.

- ايده های تئوری و عملی برای جايگزين شدن جريان متناوب سه فاز AC بجاي سيستم توليد DC طرح گرديد.

- سال ۱۸۹٦ طرح سيستم الكتريكي AC سه فاز ۲۵ هرتز براي انجام پروژه توليد و انتقال برق از آبشار نياگارا به بوفالوي نيويورك برنده شد.

www.jozve.org

- توليد توربين هاي بخار با سرعت زياد لزوم افزايش فركانس واستاندارد كردن فركانس سيستم هاى قدرت را مطرح كرد (٦٠-٥٠ هرتز).

- با استاندارد كردن فركانس، قابليت وصل سيستمهاي قدرت كوچك تر به همديگر و بوجود آمدن سيستم هاي قدرت پيوسته و بزرگ تر شد.

- اجزاى تشكيل دهنده سيستم هاي قدرت نظير ژنراتورها و ترانسفورماتورها و افزايش قدرت نامي و ولتاژ آنها سير تكاملى خود را مى پيمود.

- در سال ١٨٩٠ (در آمريكا) ولتاژ خطوط انتقال 3.3 KV بود كه تا سال ١٩٦٩ ولتاژ خطوط انتقال 765 KV افزايش يافت.

- در سال ١٩٨٢ ظرفيت كل نصب شده (در آمريكا) 600 GW بود كه بطور متوسط متوسط 2.5 KW براي هر نفر تقسيم مى شود. هر شخص قوي بنيه تقريبا يكصد وات توان ماهيچه اي دارد، پس براي هر نفر قدرت ٢٥ كارگر در خانه فراهم مى شد.

- تا سال ١٩١٧ بهره برداري از سيستم هاي قدرت بصورت واحدهاي مستقل و جدا از هم انجام مى شد. وجود تقاضاي مصرف زياد انرژي الكتريكي و نياز به داشتن قابليت اطمينان زياد باعث بهم پيوستن سيستم هاي قدرت الكتريكى مجاور و توسعه سيستم ها گرديد.

١٩٦٠ تا ١٩٨٠ سيستمهاي فشار قوي جريان مستقيم HVDC در نقاط مختلف دنيا ساخته شدند كه در خطوط خيلي بلند مزاياي زيادي دارند.

جمعيت در حال افزايش ← افزايش استفاده از كابلهاي زير زميني ← گران هستند وجريان نشتي خازني بالادر جريانهاي AC براي مسافتهاي طولاني دارند.

سيستم DC معايب بالا را ندارد وانتخاب خوبي براي كابلهاي زيرزميني است ← استفاده ازآن در انتقال زير آبي نروژ-دانمارك

- سيستم هاى قدرت الكتريكى بهم پيوسته داراى مزايائى از قبيل مقرون به صرفه بودن از لحاظ اقتصادي هستند، زيرا ماشين هاي كمتري بعنوان رزرو براي ساعات پيك لازم مى باشد.

- وقوع اتصال كوتاه و خطاهاي ديگر كه باعث بروز اختلال در سيستم مي شوند جزو معايب اين سيستم ها است كه با استقرار رله ها و كليدهاي مناسب در محل اتصال ها مى توان آنها را برطرف نمود.

١-٢ تاريخچه صنعت برق ايران

اولين مبدل برق (ديزل ژنراتور) در سال ١٢٨٣ هجرى شمسى با قدرت 600 KW توسط حاج امين الضرب در خيابان چراغ برق تهران مورد بهره بردارى قرار گرفت. پس از آن تا سال ١٣٣٨ چند نيروگاه ديگر به ظرفيت هاي 1MW، 2MW، 6MW و 8MW اجرا گرديد.

www.jozve.org

در ۱۳۳۸ برق آلستوم (نيروگاه طرشت) ساخته شد كه به عنوان اساسي ترين منبع توليد برق در ايران مجموعا 50MW برق توليد می كرد. اين نيروگاه يك نيروگاه بخاري است كه از ٤ ژنراتور 12.5 MW در آن استفاده مي شود.

۱-۳ تاريخچه صنعت برق آذربايجان

- ۱۲۸۱ هجری شمسی امتياز تأسيس كارخانة برق تبريز از دولت توسط قاسم خان والي
- ۱۲۸۱ داير نمودن اولين نيروگاه در تبريز
- ۱۲۸٥ تعطيل شدن نيروگاه بعلت شروع جنگ جهاني اول
- ۱۲۸۹ شروع بكار مجدد نيروگاه پس از خاتمة جنگ جهاني اول
- ۱۳۰٦ الي ۱۳۱٥ تغييرات مهمي در وضعيت توليد برق انجام نشد
- ۱۳۱٥ تأسيس شركت سهامي روشنايي با ايجاد نيروگاهي به قدرت 810 KW
- تأسيس مؤسسات ديگر در گوشه و كنار شهر تبريز و مؤسسات مشابه ديگر در ساير شهرهاي استان آذربايجان شرقي (مراغه) وآذربايجان غربي (اروميه)
- ۱۳٤٥ تأسيس شركت برق منطقه اي آذربايجان و اقدام به اداره مؤسسات فوق و بازسازي و نوسازي و مسئوليت تأمين برق شهرهاي آذربايجان
- ساختار جديد شركت برق منطقه اي آذربايجان عبارت است از:

شركت توزيع نيروي برق استان آذربايجان شرقي

شركت توزيع نيروي برق استان آذربايجان غربي

شركت توزيع نيروي برق استان اردبيل

شركت توزيع نيروي برق تبريز (و ساير شهرها)

شركت مهندسي مشاور نيروي آذربايجان (منا)

شركت مشاورين انفورماتيك نيرو (مانير)

شركت رفاه و پشتيباني برق آذربايجان

شركت مهندسي سازه هاي نيروي آذربايجان

- مجموعة توليدبرق در آذربايجان در سال ۱۳۷٥ به حدود 5 GWH رسيد كه شامل توليد در نيروگاههای زير بود:

نيروگاه تبريز (واحد بخار)	نيروگاه آبي سد ارس	نيروگاه ديزلي اردبيل
نيروگاه تبريز (واحد گازي)	نيروگاه آبي سد مهاباد	نيروگاه ديزلي پارس آباد
نيروگاه گازي صوفيان	نيروگاه آبي مغان	نيروگاه ديزلي سردشت
نيروگاه گازي اروميه	نيروگاه بخاري بناب	نيروگاه سيكل تركيبي خوي

www.jozve.org

- فروش انرژي الكتريكي به كشورهاي همسايه (جمهوري آذربايجان ونخجوان-تركيه-ارمنستان)
- شبكه انتقال در آذربايجان شامل ولتاژهاي 400 KV (دو خط) و 230 KV (١٤ خط) مي باشد.
- شبكه توزيع در آذربايجان شامل ولتاژهاي 132 KV (٥٢ خط) و 63 KV (٢٧ خط) مي باشد.
پستهاي موجود 400 KV (١ عدد)، 230 KV (١٠ عدد)، 132 KV (٤٠ عدد) و63 KV (٢٣ عدد) می باشد.

١-٤ بخش هاي مختلف شبكه های قدرت

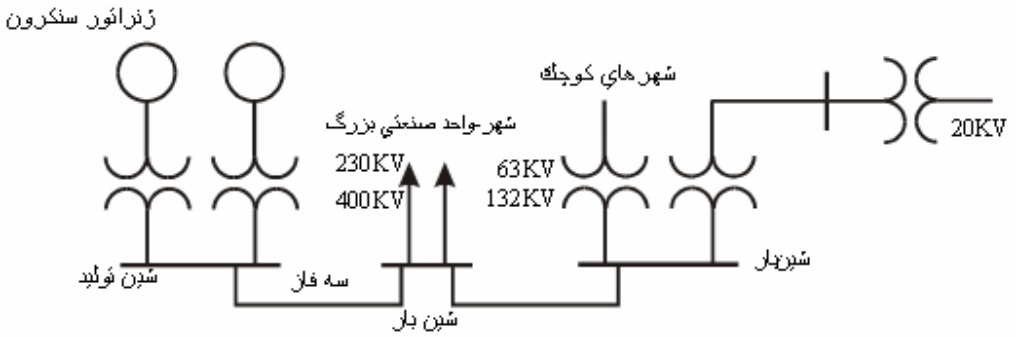
١- توليد (Generation)

٢- انتقال (Transmission)

٣- توزيع (Distribution)

٤- بارمصرفي (Load)

منابع توليد ← سيستمها وشبكه هاي انتقال ←مراكز بار



شكل ١-١ دياگرام كلی تك خطي سيستم های قدرت

١-٤-١ توليد

- ولتاژ توليد شدة ژنراتورها برابر ١٣/٨، ٢٤ و ٣٠ كيلوولت بوده و استاندارد مشخصي ندارند. حداكثر ولتاژ توليد شدة ژنراتورها در ايران تا ٢١ كيلوولت می باشد.

ولتاژ ژنراتورها ← ترانسفورماتورهاي افزاينده ← تبديل به ولتاژ بالا (به دليل كم كردن جريان انتقالي كاهش تلفات سيستم انتقال و افزايش بهره انتقال قدرت)

- ولتاژهاي استاندارد انتقال آمريكا:

در ولتاژهای بالا (HV) ١١٥، ١٣٨ و ٢٣٠ كيلوولت

در ولتاژهای بسيار بالا (EHV) ٣٤٥، ٥٠٠، ٧٦٥، ١٠٠٠ و ١٥٠٠ كيلوولت

- ولتاژهاي استاندارد انتقال ايران ٦٣، ١٣٢، ٢٣٠ و ٤٠٠ كيلوولت هستند.

www.jozve.org

تجهيزات توليد انرژي:

ژنراتور سنكرون با حداكثر توليد برابر 1000 MW يا 1 GW

تنها عامل محدود كنندة ژنراتورها چگالي جريان مجاز در هاديهاي روتور واستاتور است.

فعاليت در جهت ماشينهاي سنكرون همراه با ابر رساناها (ماشينهايي با درجه حرارت سيم بنديها در صفر مطلق) ← افزايش قدرت ژنراتورها تا 5-6 GW

توليد برق توسط نيروگاه هاي مختلفي انجام مي شود كه عبارتند از:

۱- نيروگاه آبي (Hydraulic Power Plant)

در ايران دو نيروگاه آبي زير مهم می باشند:

- نيروگاه كارون (سد شهيد عباسپور) با ظرفيت توليد 1000MW
- نيروگاه دز (سد دز) با ظرفيت 500MW

يكي از مزاياي نيروگاه های آبي اين است كه از هيچ سوختي جهت توليد برق استفاده نمي كنند. در نتيجه هيچ نوع آلودگي محيط زيست ايجاد نمي كنند. يكي از علل خاموشي های مربوط به نيروگاه های آبی عوامل جوي و كمبود بارندگي می باشد. در ايران نيروگاه سد دز بعنوان شين مرجع (Reference Bus) جهت محاسبات برق سراسري ايران در نظر گرفته می شود.

۲- نيروگاه بخار (عمده ترين و بيشترين نيروگاه های ايران) (Steam Power Plant)

نيروگاه های بخار به عنوان نيروگاه های پايه بوده و در آن از انرژی فسيلي مانند مازوت، نفت، گازوئيل و گاز به عنوان سوخت استفاده مي شود. عمده سوخت فسيلي كه در شبكه برق ايران مصرف می شود گاز و مازوت است. در نيروگاه بخار آب در ديگ بخار توسط سوخت آنقدر حرارت داده می شود تا به فاز بخار تبديل شود. پس از آن بخار وارد توربين شده و با حركت ژنراتور متصل به آن انرژی الكتريكی توليد مي شود. يكي از علل خاموشي نيروگاههای بخار نرسيدن سوخت است.

نيروگاه بخار نكا ٤ عدد ژنراتور 440 MW دارد و مجموعا 1760 MW = 440 * 4 برق توليد می كند. از بزرگترين نيروگاه هاي كشور نيروگاه های رامين اهواز و شهيد رجايي قزوين هستند. نيروگاه تبريز نيز دارای حداكثر ظرفيت 760 MW = 380 * 2 است.

هرگاه نيروگاه تبريز با ظرفيت توليد تنظيم شده برابر با 700 MW در طول ماه باندازه ۳۰ روز توليد داشته باشد و برای هر كيلووات ساعت ۰/۲۶ ليتر مازوت مصرف شود، اين نيروگاه در طول ماه چقدرمازوت مصرف مي كند؟

انرژي كه در عرض يك ماه توسط نيروگاه توليد می شود برابر است با

www.jozve.org

30 * 24 = 720 hour/month

700 MW * 720 = 504000 MWhour/month

در اینصورت کل مازوت مصرفی در یکماه برابر است با

504000 * 1000 * 0.26 = 131040000 liter/month

اگر فرض کنیم که ماشین هاي نفت کش قدرت حمل ۲۰۰۰۰ لیتر مازوت را داشته باشند خواهیم داشت

131040000 / 20000 = 6552 tankers/month

6552 / 30 ≈ 220 tankers/day

یعنی ٦٥٥٢ تانکر ۲۰۰۰۰ لیتري در يك ماه یا روزي ۲۲۰ تانکر باید به نیروگاه برسد.

۳- نیروگاه گازي (Gas Power Plant)

سوخت مربوط به نیروگاه هاي گازي نیز همان مازوت است و از طریق عمل احتراق توربین را به حرکت در مي آورد. تولید برق با نیروگاه هاي گازي مقرون به صرفه نیست و براي ٤ تا ٥ ساعت در روز استفاده مي شود. ساخت آن حداکثر تا يك سال طول مي کشد و حجم آنها نسبت به سایر نیروگاههای پایه کوچك تر است. نیروگاههای گازي جهت مصرف پیك برق مورد استفاده قرار مي گیرد و به آنها نیروگاههای پیك نیز مي گویند که وقتي مصرف برق به حداکثر مي رسد وارد مدار مي شوند. نیروگاههای پایه مانند نیروگاه آبي، بخار و هسته ای به نیروگاههائي گفته مي شود که در ٢٤ ساعت فعال باشند.

٤- نیروگاه اتمي یا هسته ای (Nuclear Power Plant)

نیروگاههای اتمي از نظر ساختار مثل نیروگاه های بخار هستند و تنها تفاوت در نوع سوخت آنها می باشد. در این نیروگاهها از اورانیم غنی شده به عنوان سوخت استفاده مي شود. آلودگي محیط زیست و مخالفت هاي عمومي مردم باعث طراحی نیروگاههاي جدید با ترکیب هسته اي شده است.

٥- نیروگاه تلمبه ذخیره ای (Pomp Storage Power Plant)

نیروگاه های تلمبه ذخیره اي هم از نوع نیروگاههای پیك می باشند. از ساعت ۱۰-۱۱ تا ٦ صبح مصرف برق حداقل است. بنابراین در این زمان مخزن آب را توسط پمپاژ از آب سد پر مي کنند و آب ذخیره مي شود. بعد از ساعت ۸ شب که مصرف برق زیاد بوده و در اوج پیك بار است از آب مخزن برای تولید برق در نیروگاه استفاده مي شود. این نیروگاهها تا 1000MW برق تولید مي کنند.

www.jozve.org

٦- نيروگاه جزر و مدي (Tidal Power Plant)

در نيروگاههای جزر و مدي توربين توسط تلمبه هايي كه بوسيلة جزر و مد و موج اقيانوسها تغيير مي كنند حركت مي كند. اين نيروگاهها دارای محدوديتهای جغرافيايي بوده و ژنراتورهاي مربوط به آنها داراي طرح پيچيده و گران هستند.

٧- نيروگاه خورشيدي (Solar Power Plant)

نيروگاههای خورشيدي بدون مصرف سوخت و با استفاده از حرارت مستقيم خورشيد كار می كنند. اين نيروگاهها دارای ويژگيهای زير می باشند:

- ساخت سلولهاي فتوسل گران می باشد
- توليد الكتريسيته (روش مستقيم) بصورت ولتاژ DC می باشد
- توليد بخار آب (روش غير مستقيم) و توربيني روش ديگر می باشد
- از روشهای ديگر تمركز خورشيد است

كوشش هاي زيادي براي بالا بردن بهره و كاهش قيمت مولدهاي خورشيدي بعمل آمده است. در حاليكه دسترسي به منابع خورشيدي از نظر زماني تناوبي نبوده و از ضعفهای عمده اين نيروگاهها بشمار می رود. از طرف ديگر دسترسي به منابع خورشيدي تابع شرايط جوی است.

٨- نيروگاه بادي (Wind Power Plant)

اين نيروگاهها دارای محدوديتهای جغرافيائی می باشند

٩- نيروگاه زمين حرارتی (Geothermal Power Plant)

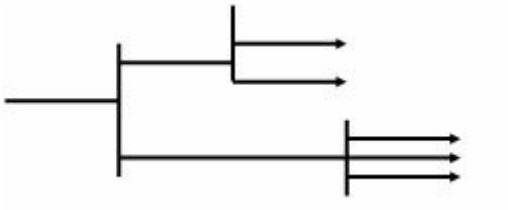
اين نيروگاهها دارای محدوديتهای جغرافيائی می باشند

١-٤-٢ انتقال

شبكه های انتقال انرژي از مسيرهاي مختلف و با تركيب هاي متقارن تشكيل يافته و دارای ساختار حلقوی می باشند. در ايران انتقال قدرت با ولتاژهاي ٢٣٠ كيلوولت و ٤٠٠ كيلوولت انجام مي گيرد. يكي از مسائل حائز اهميت در ولتاژهاي ٢٣٠ و ٤٠٠ كيلوولت وجود شارژ خازني خط انتقال است. شارژ خازني باعث افزايش ولتاژ مي شود كه بايد اين افزايش ولتاژ را مهار نمود.

۱-۴-۳ توزیع و فوق توزیع

این شبکه ها دارای ساختار شعاعي می باشند و انتقال انرژي در آنها در جهت مشخصی مـی باشد. ولتاژ انتقال در مجاورت بارها وتوسط ترانسفورماتورهاي كاهنده كاسته مي شود و پس از آن بـه سمت شبكه هـای فوق توزیـع و توزیـع مـی رود. شبكه هـای توزیـع در ایران در سطح ۶۳ كیلوولت و ۲۰ كیلوولت اجرا مـی شود. معمولا شارژ خازني در اين دو سطح آنقدر كم است كه حائز اهميت نمی باشد.



شكل ۱-۲ شبكه های توزیع با ساختار شعاعی

۱-۴-۴ بار مصرفي

بارهای مصرفی به انواع خانگي/شهري، صنعتي، كشاورزي، روستايي و تجاري تقسيم می شوند.

۳۸۰ ولت سه فاز

۲۲۰ ولت تكفاز

۱-۵ ذخیره سازی انرژي

باطريهاي DC با قدرت كم← تكنولوژي نتوانسته است وسيله اي براي ذخيره انرژي در قدرتهاي بالا فراهم آورد.تأسيسات آبي با سيستم پمپاژ← از جمله تجهيزات الكتريكي-مكانيكي دو حالتة ذخيره انرژي هستند .

$$W_{mf} \uparrow = \frac{1}{2} Li^2 \uparrow$$

سلفهاي مغناطيسي ابر رسانا راه حل مناسب وممكن براي ذخيرة انرژي الكتريكي خالص هستند.

۱-۶ صرفه جويي در انرژي

تأكيد بر حذف مصارف بيهوده روشنايي وموتورها – استفاده از سيستمهاي گرمايش خانگي خورشيدي- آموزش مناسب مصرف كنندگان –اعمال روشهاي مديريت بار(سوق دادن تقاضاي انرژي به ساعاتي غير از ساعات حداكثر بار)← كاهش ظرفيت توليدي شركتهاي برق

www.jozve.org