دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی

۹۲٤۰۲۰۱۹۵

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق

گرایش قدرت

عنوان :

برنامه ریزی کوتاه مدت واحدهای نیروگاهی آبی و حرارتی ، با در نظر گرفتن قیود امنیت در حضور بارهای قابل قطع

استاد راهنما:

دکتر سید سعیداله مرتضوی

استاد مشاور:

دکتر مرتضی رزاز

نگارنده :

محمد شباب زاده

۸۹٤۰۲۱۱

شهریور ماه سال ۱۳۹۲

به نام ایزد یکتا

دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده مهندسی

پایان نامه کارشناسی ارشد مهندسی برق

گرایش قدرت

عنوان :

برنامه ریزی کوتاه مدت واحدهای نیروگاهی آبی و حرارتی ، با در نظر گرفتن قیود امنیت در حضور بارهای قابل قطع

استاد راهنما:

دکتر سید سعیداله مرتضوی

استاد مشاور:

دکتر مرتضی رزاز

نگارنده :

محمد شباب زاده

۸۹٤۰۲۱۱

شهریور ماه سال ۱۳۹۲

تقدیم به همسر عزیزم؛

و

پدر و مادر مهربانم

سپاس فراوان از استاد ارجمندم

دکتر سید سعیدالله مرتضوی

و استاد گرانقدر

دکتر مرتضی رزاز

فهرست مطالب

فهرست مطالب ..... أ

1 **مقدمه و مروری بر پژوهش‌های پیشین** 1

1-1 مقدمه 1

2-1 برنامه‌ریزی بلندمدت سیستم‌های هیدرولیکی 5

3-1 برنامه‌ریزی کوتاه مدت سیستم‌های هیدرولیکی 6

4-1 مروری بر پژوهش‌های پیشین 7

1-4-1 پیشینه مطالعات تا انتهای دهه 80 میلادی 8

2-4-1 پیشینه مطالعات در دهه 90 میلادی 9

3-4-1 پیشینه مطالعات از آغاز قرن 21م تاکنون 10

4-4-1 بررسی پژوهش‌های پیشین 12

5-1 تعریف مسئله 13

6-1 معرفی ساختار پایان‌نامه 14

2 **تجدید ساختار در صنعت برق** 16

1-2 مقدمه 16

2-2 صنعت برق تجدید ساختار شده 18

3-2 بازیگران بازار برق 21

1-3-2 شرکت تولید (GENCO) 22

2-3-2 شرکت انتقال (GENCO) 23

3-3-2 شرکت توزیع (GENCO) 24

4-3-2 خرده‌فروش 24

5-3-2 تجمیع کننده 25
6-3-2 کارگزار (واسطه)..... 26
7-3-2 بازاریاب 26
8-3-2 مصرف‌کننده (مشتری)..... 27
9-3-2 قانون‌گذار..... 27
10-3-2 OASIS..... 28
11-3-2 بهره‌بردار مستقل سیستم قدرت (ISO) 28
4-2 شاخص‌های قیمت برق 32
1-4-2 محاسبه‌ی MCP..... 32
2-4-2 محاسبه‌ی ZMCP 33
3-4-2 محاسبه‌ی LMP..... 34
4-4-2 بی‌ثباتی قیمت برق 34
5-2 مدل های بازار برق 35
1-5-2 مدل بازار اشتراکی 35
2-5-2 مدل قراردادهای دو جانبه 41
3-5-2 مدل ترکیبی 42
6-2 انواع بازار از دید خدمات 42
1-6-2 بازار انرژی..... 42
2-6-2 بازار خدمات جانبی 44
3-6-2 بازار انتقال..... 46
7-2 انواع بازار از دید زمانی..... 47
1-7-2 بازار پیشرو (رو به جلو)..... 48
2-7-2 بازار زمان واقعی (لحظه‌ای) 48
3 ویژگی‌های نیروگاه‌های آبی 50
1-3 ویژگی‌های نیروگاه‌های آبی..... 50
2-3 کلیات مربوط به انواع توربین‌های آبی 53

3-3 تعاریف مربوط به اندازه واحدهای برق آبی 55
4-3 وسعت شبکه مرتبط با نیروگاه 56
1-4-3 شبکه محدود یا محلی (ایزوله) 57
2-4-3 شبکه ناحیه‌ای 57
3-4-3 شبکه منطقه‌ای 58
4-4-3 شبکه سراسری(شبکه ملی برق) 59
5-3 تعاریف و شرایط بهره‌برداری 60
1-5-3 تعریف کلی بهره‌برداری 60
2-5-3 بهره‌برداری در شرایط مختلف 60
6-3 تعریف شرایط مختلف بهره‌برداری از سامانه الکتریکی و نیروگاه آبی 61
1-6-3 کلیات 61
2-6-3 شرایط بهره‌برداری از سامانه الکتریکی 62
3-6-3 تولید توان الکتریکی در نیروگاه 64
4-6-3 شرایط مختلف بهره‌برداری نیروگاه برق آبی 65

4 تعریف مسئله برنامه‌ریزی کوتاه مدت تولید واحدهای آبی و حرارتی 70

1-4 مقدمه 70
2-4 مسئله STHS در سیستم‌های تجدید ساختاریافته 72
3-4 مسئله برنامه‌ریزی واحدهای آبی و حرارتی با در نظر گرفتن قیود شبکه 74
1-3-4 فرمول‌بندی برنامه‌ریزی به مدار آوردن نیروگاه‌ها 75
2-3-4 فرمول‌بندی مسئله NCUC 77
3-3-4 قیود غالب مسئله NCUC..... 78

5 بررسی قابلیت اطمینان 83

1-5 مقدمه 83
2-5 مدل قابلیت اطمینان با در نظر گرفتن بارهای قابل قطع 84

3-5 بررسی شاخص‌های قابلیت اطمینان 85
1-3-5 احتمال از دست دادن بار LOLP 85
2-3-5 میانگین انرژی به مقصد نرسیده EENS 87

6 الگوریتم حل مسئله و بررسی نتایج شبیه‌سازی 89

1-6 الگوریتم حل مسئله 89
2-6 بررسی الگوریتم ارائه‌شده 90
1-2-6 روش تجزیه بندرز 92
2-2-6 تعیین میزان رزرو چرخان..... 93
3-6 بررسی موردی 94
1-3-6 بررسی نتایج سناریوی اول: شبیه‌سازی در فصل معتدل بدون استفاده از بارهای قابل قطع 102
2-3-6 بررسی نتایج سناریوی دوم: شبیه‌سازی در فصل معتدل با استفاده از بارهای قابل قطع 107
3-3-6 بررسی نتایج سناریوی سوم: شبیه‌سازی در فصل پرآبی بدون استفاده از بارهای قابل قطع..... 112
4-3-6 بررسی نتایج سناریوی چهارم: شبیه‌سازی در فصل پرآبی با استفاده از بارهای قابل قطع 116
5-3-6 بررسی نتایج سناریوی پنجم: شبیه‌سازی در فصل کم آبی بدون استفاده از بارهای قابل قطع 121
6-3-6 بررسی نتایج سناریوی ششم: شبیه‌سازی در فصل کم آبی با استفاده از بارهای قابل قطع..... 125
4-6 جمع‌بندی نتایج 129

7 نتیجه‌گیری و ارائه پیشنهاد 132

1-7 جمع‌بندی و نتیجه‌گیری 132
2-7 پیشنهادهایی برای مطالعه بیشتر 133

منابع 135

فهرست شکل‌ها و نمودارها

شکل 1-1: وضعیت تولید برق آبی در دنیا 1

شکل 1-2: تصویری از مخزن کمکی یک نیروگاه تلمبه ذخیره‌ای 4

شکل 1-3: جزیره تفریحی دریاچه سد شهید عباسپور 5

شکل 1-4: وضعیت تعداد ژورنال‌های منتشرشده در پایگاه انجمن برق و الکترونیک در زمینه برنامه‌ریزی بهینه سیستم‌های آبی و حرارتی 7

شکل 2-1 : ساختار سیستم‌های قدرت سنتی 17

شکل 2-2 : سیستم قدرت تجدید ساختار شده 21

شکل 2-3: موقعیت خرده‌فروش‌ها در ساختار بازار 25

شکل 2-4 : محاسبه‌ی MCP 33

شکل 2-5 : پیشنهادهای قیمت دو شرکت تولیدکننده A و B 36

شکل 2-6 : منحنی تجمعی پیشنهادهای قیمت دو شرکت تولیدکننده A و B 36

شکل 2-7: منحنی پیشنهاد خرید مصرف‌کننده در مدل حساس به قیمت 37

شکل 2-8 : منحنی پیشنهاد خرید مصرف‌کننده در مدل غیر حساس به قیمت 38

شکل 2-9 : منحنی پیشنهاد خرید دو مصرف‌کننده و منحنی تجمعی تقاضا 38

شکل 2-10: تعیین نقطه تسویه بازار با استفاده از منحنی‌های تجمعی عرضه و تقاضا 39

شکل 5-1: مدل دوحالته واحد تولیدی i 84

شکل 6-1: الگوریتم ارائه‌شده برای حل مسئله برنامه‌ریزی واحدهای آبی و حرارتی 91

شکل 6-2 : ارتباط مخزن‌های واحدهای آبی 95
شکل 6-3: نمودار بار روزانه 96
شکل 6-4: سیستم نمونه 30 باسه استاندارد IEEE 100
شکل 6-5: هزینه تولید هر سناریو و مقایسه آن‌ها 130
شکل 6-6: درصد تولید نیروگاه‌های آبی 130

فهرست جدول‌ها

جدول 1-1 :کشورهای پیشتاز در تولید برق آبی 2

جدول 6-1: اطلاعات زمان سفر آب و تعداد سدهای بالادستی 95

جدول 6-2: مقدار بارها در طول شبانه‌روز بر حسب مگاوات 96

جدول 6-3: مشخصات بار قابل قطع 96

جدول 6-4: ضرایب تولید نیروگاه‌های آبی..... 97

جدول 6-5: کمینه و بیشینه توان تولیدی هر واحد آبی (مگاوات)؛ کمینه و بیشینه حجم آب مخزن، دبی خروجی نیروگاه و حجم اولیه و نهایی مورد نظر برنامه‌ریزی در فصول مختلف..... 97

جدول 6-6: اطلاعات حجم آب ورودی به مخزن‌ها در هر ساعت در فصل پرآبی 98

جدول 6-7: اطلاعات حجم آب ورودی به مخزن‌ها در هر ساعت در فصل کم آبی 98

جدول 6-8: اطلاعات حجم آب ورودی به مخزن‌ها در هر ساعت در فصل معتدل 99

جدول 6-9: ضرایب هزینه و محدودیت‌های تولید واحدهای حرارتی 99

جدول 6-10: اطلاعات سیستم نمونه 30 باسه..... 101

جدول 6-11: وضعیت خاموش و روشن بودن نیروگاه‌ها (سناریو اول) 102

جدول 6-12: میزان تولید هر نیروگاه در هر ساعت (سناریو اول)..... 103

جدول 6-13: مقدار حجم آب رهاشده هر مخزن جهت تولید برق در هر ساعت(سناریو اول) 104

جدول 6-14: حجم آب هر مخزن در هر ساعت (سناریو اول) 105

جدول 6-15: مقدار حجم آب رهاشده از دریچه‌های هر مخزن در هر ساعت (سناریو اول) 105

جدول 6-16:اطلاعات رزرو چرخان در دسترس در هر ساعت (سناریو اول) 106

جدول 6-17: وضعیت خاموش و روشن بودن نیروگاه‌ها (سناریو دوم)..... 107

جدول 6-18: میزان تولید هر نیروگاه در هر ساعت (سناریو دوم)..... 108

جدول 6-19: مقدار حجم آب رهاشده هر مخزن جهت تولید برق در هر ساعت (سناریو دوم) 109

جدول 6-20: حجم آب هر مخزن در هر ساعت (سناریو دوم)..... 109

جدول 6-21: مقدار حجم آب رهاشده از دریچه‌های هر مخزن در هر ساعت (سناریو دوم) 110
جدول 6-22:اطلاعات بارهای قابل قطع استفاده‌شده در هر ساعت (سناریو دوم)..... 110
جدول 6-23: اطلاعات رزرو چرخان در دسترس در هر ساعت(سناریو دوم)..... 111
جدول 6-24: وضعیت خاموش و روشن بودن نیروگاه‌ها (سناریو سوم)..... 112
جدول 6-25: میزان تولید هر نیروگاه در هر ساعت (سناریو سوم)..... 113
جدول 6-26: مقدار حجم آب رهاشده هر مخزن جهت تولید برق در هر ساعت (سناریو سوم)..... 114
جدول 6-27: حجم آب هر مخزن در هر ساعت (سناریو سوم) 114
جدول 6-28: مقدار حجم آب رهاشده از دریچه‌های هر مخزن در هر ساعت (سناریو سوم) 115
جدول 6-29: اطلاعات رزرو چرخان در دسترس در هر ساعت (سناریو سوم) 115
جدول 6-30: وضعیت خاموش و روشن بودن نیروگاه‌ها (سناریو چهارم).....116
جدول 6-31: میزان تولید هر نیروگاه در هر ساعت (سناریو چهارم)..... 117
جدول 6-32: مقدار حجم آب رهاشده هر مخزن جهت تولید برق در هر ساعت (سناریو چهارم) 118
جدول 6-33: حجم آب هر مخزن در هر ساعت (سناریو چهارم)..... 118
جدول 6-34: مقدار حجم آب رهاشده از دریچه‌های هر مخزن در هر ساعت (سناریو چهارم)..... 119
جدول 6-35: اطلاعات بارهای قابل قطع استفاده‌شده در هر ساعت (سناریو چهارم)..... 119
جدول 6-36: اطلاعات رزرو چرخان در دسترس در هر ساعت (سناریو چهارم)..... 120
جدول 6-37: وضعیت خاموش و روشن بودن نیروگاه‌ها (سناریو پنجم)..... 121
جدول 6-38: میزان تولید هر نیروگاه در هر ساعت (سناریو پنجم)..... 122
جدول 6-39: مقدار حجم آب رهاشده هر مخزن جهت تولید برق در هر ساعت (سناریو پنجم)..... 123
جدول 6-40: حجم آب هر مخزن در هر ساعت (سناریو پنجم)..... 123
جدول 6-41: مقدار حجم آب رهاشده از دریچه‌های هر مخزن در هر ساعت (سناریو پنجم) 124
جدول 6-42: اطلاعات رزرو چرخان در دسترس در هر ساعت (سناریو پنجم)..... 124
جدول 6-43: وضعیت خاموش و روشن بودن نیروگاه‌ها (سناریو ششم)..... 125
جدول 6-44: میزان تولید هر نیروگاه در هر ساعت (سناریو ششم).....126
جدول 6-45: مقدار حجم آب رهاشده هر مخزن جهت تولید برق در هر ساعت (سناریو ششم)..... 127

جدول 6-46: حجم آب هر مخزن در هر ساعت (سناریو ششم) 127
جدول 6-47: مقدار حجم آب رهاشده از دریچه‌های هر مخزن در هر ساعت (سناریو ششم) 128
جدول 6-48: اطلاعات بارهای قابل قطع استفاده‌شده در هر ساعت (سناریو ششم) 128
جدول 6-49: اطلاعات رزرو چرخان در دسترس در هر ساعت (سناریو ششم) 129

فهرست علامت‌ها و اختصارها

F_T	هزینه کل واحدهای حرارتی
$F_i(P_i)$	تابع هزینه واحد حرارتی iام
P_L	تلفات انتقال
P_h	توان نیروگاه آبی hام
P_i	توان نیروگاه حرارتی iام
N	تعداد نیروگاه‌های حرارتی
P_{G1}	توان شین مرجع
V_L	ولتاژ شین بار
Q_G	توان راکتیو خروجی ژنراتور
S_k	توان ظاهری در خط kام
N_L	تعداد شین‌های بار
N_G	تعداد شین‌های تولیدی
N_E	تعداد خط‌های شبکه
P_{G2}	توان حقیقی ژنراتورها
V_G	ولتاژ ژنراتورها
N_C	تعداد جبران سازهای موازی
N_r	تعداد ترانسفورماتورها
u^T	بردار مقادیر کنترلی
x^T	بردار مقادیر وابسته
$d^T(t)$	بردار اغتشاش
N_0	تعداد کل شین ها به جز شین مرجع
P_{Gi}	توان حقیقی تزریق شده در شین iام
P_{Di}	میزان بار حقیقی در شین iام

N_i	تعداد کل شین‌هایی که به شین iام متصل هستند (شامل خود شین iام)
V_i	اندازه ولتاژ در شین iام
G_{ij}	بخش حقیقی ادمیتانس خط
B_{ij}	بخش موهومی ادمیتانس خط
θ_{ij}	اختلاف زاویه ولتاژ بین شین i و j
Q_{G_i}	توان راکتیو تزریق شده به شین iام
Q_{D_i}	میزان بار راکتیو در شین iام
N_{PQ}	تعداد شین‌های PQ شبکه
${P_{Di}}^0$	مقدار بار حقیقی در شین iام بدون در نظر گرفتن اغتشاش
$C_t(P_t(i,t))$	هزینه تولید واحد حرارتی
$SU(i,t)$	هزینه راه‌اندازی واحدهای تولیدی حرارتی
$SD(i,t)$	هزینه خاموش کردن واحدهای تولیدی حرارتی
$P_h(i,t)$	مقدار تولید هر واحد آبی
$V(i,t)$	حجم آب هرمخزن در هر ساعت
$Q(i,t)$	مقدار آب خروجی جهت چرخش توربین
$C_1(i)$ تا $C_6(i)$	ضرایب تولید هر واحد آبی
$R_s(t)$	رزرو مورد نیاز در هر ساعت
$r_t(i,t)$	رزرو چرخان هر واحد حرارتی در هر ساعت
$r_h(i,t)$	رزرو چرخان هر واحد آبی در هر ساعت
$I_t(i,t)$	وضعیت خاموش و روشن بودن هر نیروگاه حرارتی در هر ساعت
$I_h(i,t)$	وضعیت خاموش و روشن بودن هر نیروگاه آبی در هر ساعت
$P_{tmin}(i)$	مینیمم مقدار تولید حرارتی
$P_{tmax}(i)$	ماکزیمم مقدار تولید حرارتی
$P_{hmin}(i)$	مینیمم مقدار تولید آبی
$P_{hmax}(i)$	ماکزیمم مقدار تولید آبی
T	تعداد واحدهای زمانی برنامه‌ریزی

N_g	تعداد واحدهای حرارتی
N_h	تعداد واحدهای آبی
$X^{on}(i,t)$	مقدار ساعت های روشن مانده هر واحد در هر ساعت
$X^{off}(i,t)$	مقدار ساعت های خاموش مانده هر واحد در هر ساعت
$T^{on}(i)$	مینیمم زمان روشن ماندن هر واحد
$T^{off}(i)$	مینیمم زمان خاموش ماندن هر واحد
$W(k)$	قید دودویی وضعیت خاموش و روشن بودن هر واحد
$U(k)$	قید دودویی وارد مدار شدن واحد
$V(k)$	قید دودویی خارج شدن از مدار واحد
$UR(i)$	محدودیت ماکزیمم افزایش توان هر واحد
$DR(i)$	محدودیت ماکزیمم کاهش توان هر واحد
$P_{km}(t)$	انتقال توان از شین k به شین m
P_{km}^{max}	ماکزیمم انتقال توان از شین k به شین m
V_{max}	ماکزیمم ولتاژ شین
V_{min}	مینیمم ولتاژ شین
T_{max}	ماکزیمم مقدار تپ
T_{min}	مینیمم مقدر تپ
$f_l(t)$	توان عبوری از خط
f_l^{max}	ماکزیمم توان عبوری از خط
$R_u(i)$	تعداد سدهای بالادستی مخزن iام
τ_j	زمان سفر آب مخزن jام به سد پایین دست
$Vmax(i)$	ماکزیمم حجم آب هر مخزن
$Vmin(i)$	مینیمم حجم آب هر مخزن
$Qmax(i)$	ماکزیمم مقدار آب خروجی جهت تولید
$Qmin(i)$	مینیمم مقدار آب خروجی جهت تولید
$LOLP_t$	میزان بار درخواستی در مدت زمان t
$LOLP_{max}$	ماکزیمم مقدار احتمال از دست رفتن بار

U_i	در دسترس نبودن واحد i
$\sigma_{j,t}$	متغیر دودویی عدم حضور یا حضور از دست دادن بار به خاطر رخداد تصادفی واحد تولیدی jام
$\sigma_{jk,t}$	متغیر دودویی عدم حضور یا حضور از دست دادن بار به خاطر رخداد تصادفی دو واحد تولیدی
$IL(t)$	میزان بار قابل قطع در دوره زمانی t
$EENS$	میانگین انرژی به مقصد نرسیده
$VOLL$	ضریب جریمه دینامیکی
RIV	جریمه مربوط به تجاوز از حد مجاز
C_{Rj}	باقی مانده سرویس در حالت jام
P_{Rj}	احتمال کل ظرفیت باقیمانده در حالت jام
$LOAD_t$	مقدار بار درخواستی بازه زمانی tام

چکیده

نام خانوادگی : شباب زاده	نام: محمد	شماره دانشجویی : 8940211

عنوان پایان‌نامه : برنامه‌ریزی کوتاه مدت واحدهای نیروگاهی آبی و حرارتی ، با در نظر گرفتن قیود امنیت در حضور بارهای قابل قطع

استاد راهنما: دکتر سید سعیداله مرتضوی		
استاد مشاور: دکتر مرتضی رزاز		
درجه تحصیلی: کارشناسی ارشد	رشته: مهندسی برق	گرایش: قدرت
دانشگاه : شهید چمران اهواز	دانشکده: مهندسی	گروه : برق

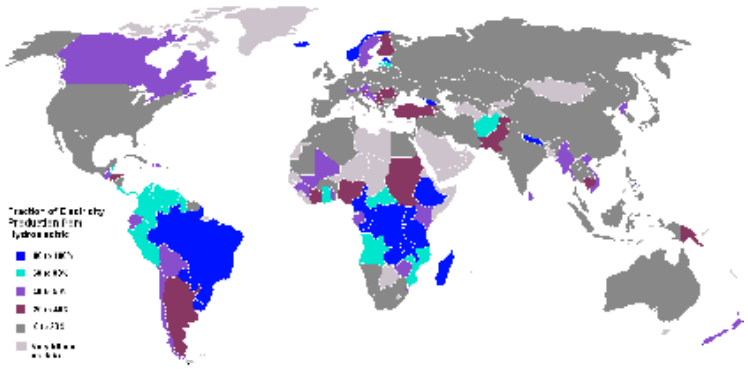
تاریخ فارغ‌التحصیلی : 1392/6/31	تعداد صفحه: 139
کلیدواژه‌ها : برنامه‌ریزی کوتاه مدت واحدهای آبی و حرارتی، قابلیت اطمینان، بارهای قابل قطع	

تولید برق آبی یکی از روش‌های تولید انرژی تجدید پذیر پاک است که در صنعت برق مورد توجه زیادی قرار گرفته است . انرژی برق آبی برجسته‌ترین انرژی تجدید پذیر است به طوری که 86 درصد از تولیدات برق از انرژی‌های تجدید پذیر را شامل می‌شود. برنامه‌ریزی به مدار آوردن این واحدها کمی متفاوت با واحدهای بخار است. از طرفی، مدیریت بارهای قابل قطع یکی از پارامترهای مهم در بازار رقابتی است ، و استفاده از آن موجب بهبود امنیت سیستم و کاهش پیک بار و مدیریت بهینه ذخیره چرخان می‌گردد . هدف این رساله " برنامه‌ریزی کوتاه مدت واحدهای نیروگاهی آبی و حرارتی با در نظر گرفتن قیود امنیتی شبکه (از جمله قابلیت اطمینان) و قیود مربوط به منابع آب و نیروگاه آبی در حضور بارهای قابل قطع"است . در این رساله برای آنکه سیستم قدرت به طور واقعی و کارا مورد تجزیه و تحلیل قرار گیرد، قیود AC سیستم لحاظ می‌گردد و تأثیر آن به خصوص در برنامه‌ریزی واحدهای آبی بررسی می‌گردد. همچنین به دلیل پیچیده بودن مسئله برنامه‌ریزی، از روش تجزیه بندرز، مسئله به تکه‌های کوچک‌تر تقسیم می‌شود و سپس برای هر تکه جوابی به دست می‌آید که با استفاده از این روش و برش‌های بندرز جواب‌ها در تکرارهای متوالی به هم همگرا می‌شوند و در نهایت جواب نهایی به دست می‌آید.

1 مقدمه و مروری بر پژوهش‌های پیشین

1-1 مقدمه

امروزه بیش از 19 درصد از تولید برق دنیا و بیش از 63 درصد انرژی الکتریکی تولیدی از منابع تجدید پذیر توسط نیروگاه‌های آبی تأمین می‌گردد[1]. شکل 1-1 تصویری از سهم تولید برق آبی در کشورهای دنیا را نشان می‌دهد و جدول 1-1 کشورهای پیشتاز در زمینه تولید برق آبی را نمایش می‌دهد.



شکل 1-1 : وضعیت تولید برق آبی در دنیا