



سازمان آموزش فنی و حرفه‌ای کشور



جمهوری اسلامی ایران  
وزارت کار و امور اجتماعی

معاونت پژوهش و برنامه ریزی  
دفتر طرح و برنامه های درسی

## استاندارد شایستگی

# آنالیز و طراحی سیستم های انتقال متناوب انعطاف پذیر (FACTS)

گروه شغلی برق

شماره ملی شناسایی شغل

۰-۲۳/۳۳/۱/۱/۱۱



نظارت بر تدوین محتوا و تصویب : دفتر طرح و برنامه های درسی

شماره ملی شناسایی شغل : ۲۳/۳۳/۱/۱/۱۱-۰

شروع اعتبار : ۸۸/۱۲/۲۵

پایان اعتبار : ۸۹/۱۲/۲۵

اعضاء کمیسیون تخصصی برنامه ریزی درسی رشته برق :

حوزه های حرفه ای و تخصصی همکار برای تدوین استاندارد شغل و آموزش :  
اداره کل آموزش فنی و حرفه ای آذربایجان غربی

فرآیند اصلاح و بازنگری :

آدرس :

تهران - خیابان آزادی ، خیابان خوش شمالی ، نبش نصرت ، ساختمان شماره ۲ ، سازمان آموزش فنی و حرفه ای کشور ، شماره ۲۵۹

دورنگار ۶۶۹۴۴۱۱۷ تلفن ۶۶۵۶۹۹۰۰



### تهیه کنندگان استاندارد شایستگی و آموزش

ردیف	نام و نام خانوادگی	مدرک	رشته تحصیلی	سابقه‌ی تجربی مرتبط
۱	اسماعیل خلیلی	فوق لیسانس	برق-قدرت	۲۰ سال
۲	فرید تقیسی زاده	فوق لیسانس	برق-قدرت	۱۰ سال
۳	فرزاد تقیسی زاده	دانشجوی دکتری	برق-قدرت	۶ سال
۴	علی باقرزاده	فوق لیسانس	برق-قدرت	۶ سال
۵	صغری لیوار جانی	فوق لیسانس	برق-کنترل	۳ سال
۶	علی غفاری	لیسانس	برق-الکترونیک	۱۷ سال
۷				
۸				
۹				
۱۰				



## **تعاریف :**

### **استاندارد شغل :**

مشخصات شایستگی ها و توانمندی های مورد نیاز برای عملکرد موثر در محیط کار را گویند در بعضی از موارد استاندارد حرفه ای نیز گفته می شود .

### **استاندارد آموزش :**

نقشه ی یادگیری برای رسیدن به شایستگی های موجود در استاندارد شغل .

### **نام یک شغل :**

به مجموعه ای از وظایف و توانمندی های خاص که از یک شخص در سطح مورد نظر انتظار می رود اطلاق می شود .

### **شرح شغل :**

بیانیه ای شامل مهم ترین عناصر یک شغل از قبیل جایگاه یا عنوان شغل ، کارها ارتباط شغل با مشاغل دیگر در یک حوزه شغلی ، مسئولیت ها ، شرایط کاری و استاندارد عملکرد مورد نیاز شغل .

### **طول دوره آموزش :**

حداقل زمان و جلسات مورد نیاز برای رسیدن به اهداف یک استاندارد آموزشی .

### **ویژگی کارآموز ورودی :**

حداقل شایستگی ها و توانایی هایی که از یک کارآموز در هنگام ورود به دوره آموزش انتظار می رود .

### **ارزشیابی :**

فرآیند جمع آوری شواهد و قضاوت در مورد آنکه یک شایستگی بدست آمده است یا خیر ، که شامل سه بخش عملی ، کتبی عملی و اخلاق حرفه ای خواهد بود .

### **صلاحیت حرفه ای مربیان :**

حداقل توانمندی های آموزشی و حرفه ای که از مربیان دوره آموزش استاندارد انتظار می رود .

### **شایستگی :**

توانایی انجام کار در محیط ها و شرایط گوناگون به طور موثر و کارا برابر استاندارد .

### **دانش :**

حداقل مجموعه ای از معلومات نظری و توانمندی های ذهنی لازم برای رسیدن به یک شایستگی یا توانایی . که می تواند شامل علوم پایه ( ریاضی ، فیزیک ، شیمی ، زیست شناسی ) ، تکنولوژی و زبان فنی باشد .

### **مهارت :**

حداقل هماهنگی بین ذهن و جسم برای رسیدن به یک توانمندی یا شایستگی . معمولاً به مهارت های عملی ارجاع می شود .

### **نگرشی :**

مجموعه ای از رفتارهای عاطفی که برای شایستگی در یک کار مورد نیاز است و شامل مهارت های غیر فنی و اخلاق حرفه ای می باشد .

### **ایمنی :**

مواردی است که عدم یا انجام ندادن صحیح آن موجب بروز حوادث و خطرات در محیط کار می شود .

### **توجهات زیست محیطی :**

ملاحظات است که در هر شغل باید رعایت و عمل شود که کمترین آسیب به محیط زیست وارد گردد.



## نام شایستگی : آنالیز و طراحی سیستم های انتقال متناوب انعطاف پذیر (FACTS)

### شرح شایستگی :

آنالیز و طراحی سیستم های انتقال متناوب انعطاف پذیر (FACTS) در حیطه ی مهندسی برق – قدرت بوده و کارهای آن شامل طراحی ، آنالیز ، بهره برداری ، شبیه سازی و کنترل سیستم های انتقال متناوب انعطاف پذیر و ادوات قدرت و افزایش راندمان و پخش بهینه توان و بهبود کیفیت می باشد. این شایستگی با مهندسی برق طراح در زمینه سیستم های انتقال متناوب انعطاف پذیر FACTS شاغل در شرکت های خصوصی برق و وزارت نیرو و صنایع مدرن در ارتباط است.

### ویژگی های کارآموز ورودی

حداقل میزان تحصیلات : کارشناسی برق – قدرت

حداقل توانایی جسمی : سلامت کامل

مهارت های پیش نیاز این استاندارد : ندارد

### طول دوره آموزش

طول دوره آموزش : ۶۰ ساعت

- زمان آموزش نظری : ۱۵ ساعت

- زمان آموزش عملی : ۴۵ ساعت

- کارورزی : - ساعت

- زمان پروژه : ساعت

### شیوه ارزشیابی

آزمون عملی : ۶۵٪

آزمون کتبی عملی : ۲۵٪

اخلاق حرفه ای : ۱۰٪

صلاحیت های حرفه ای مربیان

داشتن حداقل مدرک کارشناسی ارشد برق \_ قدرت و داشتن ۱ سال سابقه کار در زمینه طراحی سیستم های

FACTS

FACTS: Flexible AC Transmission systems



## استاندارد شایستگی

### – کارهای شایستگی

ردیف	توانایی ها
۱	توانایی آنالیز کنترل کننده های FACTS
۲	توانایی مدلسازی نیروگاه
۳	توانایی تحلیل و پخش توان
۴	توانایی تحلیل و پخش توان با بکارگیری ادوات FACTS
۵	توانایی آنالیز ، پخش توان بهینه و ردیابی پخش توان
۶	توانایی افزایش پایداری دینامیکی سیستم های قدرت با بکارگیری ادوات FACTS
۷	توانایی بهبود پایداری گذرا توسط ادوات FACTS
۸	توانایی بهبود کیفیت توان با بکارگیری ادوات FACTS



**استاندارد آموزش**  
**- برگی تحلیل آموزشی**

	زمان آموزش			عنوان توانایی : توانایی آنالیز کنترل کننده های FACTS
	جمع	عملی	نظری	
	۶	۴	۲	
تجهیزات ، ابزار ، مواد مصرفی و منابع آموزشی	دانش ، مهارت ، نگرش ، ایمنی توجهات زیست محیطی مرتبط			
- دیتا شیت های ادوات FACTS		۱۵' ۱۵' ۱۵' ۱۵' ۱۵' ۱۵' ۱۵' ۱۵'		<p>دانش :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- راکتور کنترل شده با تریستور TCR {Thyristor Controlled Reactor}</li> <li>- جبران کننده استاتیکی توان راکتیو SVC {Static Var Compensator}</li> <li>- جبران کننده سری کنترل شده با تریستور TCSC {Thyristor Controlled Series Capacitor}</li> <li>- معادلات جریان و ولتاژ در حالت ماندگار</li> <li>- تعریف مبدل منبع ولتاژ VSC {Voltage Source Converters}</li> <li>- مدولاسیون PWM {Pulse Width Modulation}</li> <li>- جبران کننده استاتیکی Statcom و سری جبران کننده حالت جامد SSSC {Static Synchronous Series Compensator}</li> <li>- مفهوم UPFC {Unified Power Flow Controller}</li> </ul>
	۳۰' ۳۰' ۱ ۳۰' ۳۰' ۳۰' ۳۰'			<p>مهارت :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- تحلیل معادلات حاکم بر راکتور کنترل شده با تریستور TCR</li> <li>- تحلیل معادلات حاکم بر جبران کننده استاتیکی توان راکتیو SVC</li> <li>- آنالیز معادلات جریان و ولتاژ در حالت ماندگار</li> <li>- تحلیل امپدانس خازن سری کنترل شده با تریستور در فرکانس پایه</li> <li>- کنترل مدولاسیون عرض پالس</li> <li>- آنالیز معادلات حاکم بر جبران کننده های استاتیکی Statcom</li> <li>- آنالیز معادلات حاکم بر جبران کننده های سری حالت جامد SSSC</li> </ul>
				نگرش : -
				ایمنی : -
				توجهات زیست محیطی : -



استاندارد آموزش  
- برگه‌ی تحلیل آموزشی

	زمان آموزش			عنوان توانایی : توانایی مدل‌سازی نیروگاه
	جمع	عملی	نظری	
	۷	۵	۲	
تجهیزات ، ابزار ، مواد مصرفی و منابع آموزشی	دانش ، مهارت ، نگرش ، ایمنی توجهات زیست محیطی مرتبط			
- کامپیوتر - نرم افزار Matlab - برگه های اطلاعاتی			۱۵'	دانش : - ادمیتانس موازی و امپدانس داخلی - امپدانس های مدار برگشت زمین - سیم های زمین - هادی های بانند شده - اثرات خط بلند - مفهوم جابجایی خطوط انتقال - انواع ترانسفورماتور - بار سیستم
			۱۵'	
			۱۵'	
			۱۵'	
			۱۵'	
			۱۵'	
			۱۵'	
			۱۵'	
			۱۵'	
			۱۵'	
			مهارت : - مدل سازی خط انتقال - تحلیل معادله افت ولتاژ - محاسبه پارامترهای توزیع شده RLC - مدل‌سازی ترانسفورماتور قدرت - تحلیل معادلات حاکم بر انواع ترانسفورماتورها - مدل‌سازی ماشین چرخان - تحلیل معادلات حاکم بر ماشین های چرخان - محاسبه پارامترهای خط انتقال با Matlab - محاسبه پارامترهای توزیع شده با Matlab	
	۳۰'			
	۳۰'			
	۳۰'			
	۳۰'			
	۳۰'			
	۳۰'			
	۴۵'			
	۴۵'			
			نگرش : -	
			ایمنی : -	
			توجهات زیست محیطی :	





**استاندارد آموزش**  
**– برگه‌ی تحلیل آموزشی**

	<b>زمان آموزش</b>			<b>عنوان توانایی :</b> توانایی تحلیل و پخش توان
	<b>جمع</b>	<b>عملی</b>	<b>نظری</b>	
	<b>۷:۱۵</b>	<b>۵:۳۰</b>	<b>۱:۴۵</b>	
تجهیزات ، ابزار ، مواد مصرفی و منابع آموزشی	دانش ، مهارت ، نگرش ، ایمنی توجهات زیست محیطی مرتبط			
- کامپیوتر - نرم افزار Matlab - برگه های اطلاعاتی - لوپ سیستم قدرت با ادوات FACTS			۱۵' ۱۵' ۱۵' ۱۵' ۱۵' ۱۵' ۱۵'	دانش : - مفهوم پخش توان - اصول طبقه بندی متغیرها و باس ها - روش های حل پخش توان - الگوریتم نیوتن رافسون - حدود توان راکتیو ژنراتور - الگوریتم Fast Decoupled - روش های حل پخش توان محدود شده
		۳۰' ۳۰' ۱' ۳۰' ۱' ۳۰' ۳۰'		مهارت : - فرموله کردن معادلات پخش توان - طبقه بندی متغیرها و باس ها - تحلیل مسئله پخش توان با الگوریتم نیوتن رافسون - مقدار دهی اولیه متغیرهای حالت - تحلیل و شبیه سازی مساله پخش بار ( با الگوریتم نیوتن رافسون) به وسیله Matlab - تحلیل مسئله پخش توان با الگوریتم Fast Decoupled - تحلیل و شبیه سازی مساله پخش بار ( با الگوریتم Fast Decoupled ) به وسیله Matlab - تحلیل LTC در Matlab
				نگرش : -
				ایمنی : - دقت به هنگام کار با سیستم لوپ FACTS و رعایت اصول ایمنی - دقت به هنگام کار با برق فشار قوی - رعایت موارد حفاظت شخص و حفاظت تجهیزات
				توجهات زیست محیطی :



استاندارد آموزش  
- برکگی تحلیل آموزشی

	زمان آموزش			عنوان توانایی : توانایی تحلیل و پخش توان با بکارگیری ادوات FACTS
	نظری	عملی	جمع	
	۲	۶	۸	
تجهیزات ، ابزار ، مواد مصرفی و منابع آموزشی	دانش ، مهارت ، نگرش ، ایمنی توجهات زیست محیطی مرتبط			
- نرم افزار Matlab - کامپیوتر - ابزار ، تجهیزات و مواد مصرفی - پرینتر - لوپ سیستم قدرت با ادوات FACTS			۱۵' ۱۵' ۱۵' ۱۵' ۱۵' ۱۵' ۱۵'	دانش : - روش های حل پخش توان با کنترل کننده های FACTS - مدل های رایج پخش توان - مدل سوسپتانس متغیر - مدل زاویه آتش و ترانسفورماتور - اصول هماهنگی بین منابع راکتیو - مدل پخش توان امپدانس سری متغیر - ویژگی های عددی مدل پخش توان TCSC - تعریف و مدل های HVDC-VSC
		۴۵' ۳۰' ۳۰' ۴۵' ۴۵' ۳۰' ۴۵' ۱ ۳۰'		مهارت : - شبیه سازی مدل سوسپتانس موازی متغیر SVC در الگوریتم پخش توان نیوتن رافسون در Matlab - کنترل دامنه ولتاژ گره با استفاده از SVC - هماهنگی بین کنترل کننده های دامنه ولتاژ گره - شبیه سازی مدل راکتانس متغیر TCSC در الگوریتم پخش توان نیوتن رافسون در Matlab - شبیه سازی مدل STATCOM در الگوریتم پخش توان نیوتن رافسون در Matlab - کنترل دامنه ولتاژ با استفاده از STATCOM - شبیه سازی مدل UPFC در الگوریتم پخش توان نیوتن رافسون در Matlab - شبیه سازی مدل HVDC-VSC در الگوریتم پخش توان نیوتن رافسون در Matlab - مقدار دهی اولیه موثر کنترل کننده های FACTS
				نگرش : -
				ایمنی : - دقت به هنگام کار با سیستم لوپ FACTS و رعایت اصول ایمنی - دقت به هنگام کار با برق فشار قوی - رعایت موارد حفاظت شخص و حفاظت تجهیزات
				توجهات زیست محیطی : -



استاندارد آموزش  
- برکهای تحلیل آموزشی

	زمان آموزش			عنوان توانایی : توانایی آنالیز ، پخش توان بهینه و ردیابی پخش توان
	جمع	عملی	نظری	
	۱۱	۸:۳۰	۲:۳۰	
تجهیزات ، ابزار ، مواد مصرفی و منابع آموزشی	دانش ، مهارت ، نگرش ، ایمنی توجهات زیست محیطی مرتبط			
- کامپیوتر - لوب سیستم قدرت با ادوات FACTS - نرم افزار Matlab			۱۵' ۱۵' ۱۵' ۱۵' ۱۵' ۱۵' ۱۵' ۱۵' ۱۵'	دانش : - اصول پخش توان بهینه با استفاده از روش نیوتن - متغیرها - تابع هدف - قیود مساوی و نامساوی - دستگاه معادلات خطی - شرایط بهینه سازی در روش نیوتن - ضرایب لاگرانژ - اصول تقسیم متناسب - الگوریتم ردیابی - انواع شبکه ها
		۱ ۱ ۱:۳۰ ۳۰' ۳۰' ۱ ۱ ۲		مهارت : - بدست آوردن قیود نامساوی برای متغیرها - بدست آوردن قیود نامساوی برای توابع هدف - پیاده سازی و تحلیل پخش توان بهینه با استفاده از روش نیوتن - تحلیل و الگوریتم بندی شبکه شعاعی - تحلیل و الگوریتم بندی شبکه حلقوی - تحلیل و الگوریتم بندی شبکه های بزرگ - کنترل و تحلیل توان های اکتیو و راکتیو در انواع شبکه ها با ادوات FACTS - شبیه سازی و تحلیل انواع شبکه ها با Matlab
	نگرش : - بهینه سازی			
	ایمنی : - دقت به هنگام کار با سیستم لوب FACTS و رعایت اصول ایمنی - دقت به هنگام کار با برق فشار قوی - رعایت موارد حفاظت شخص و حفاظت تجهیزات			
	توجهات زیست محیطی :			



## استاندارد آموزش - برکه‌ی تحلیل آموزشی -

	زمان آموزش			عنوان توانایی : توانایی افزایش پایداری دینامیکی سیستم های قدرت با بکارگیری ادوات FACTS
	جمع	عملی	نظری	
	۶:۴۵	۵	۱:۴۵	
تجهیزات ، ابزار ، مواد مصرفی و منابع آموزشی	دانش ، مهارت ، نگرش ، ایمنی توجهات زیست محیطی مرتبط			
- کامپیوتر - لوپ سیستم قدرت با ادوات FACTS - نرم افزار Matlab			۱۵' ۱۵' ۱۵' ۳۰' ۳۰'	<p>دانش :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- مفهوم پایداری دینامیکی</li> <li>- مفهوم پایداری ولتاژ</li> <li>- مفهوم خاموشی</li> <li>- اثر {Power System Stabilizer} PSS روی پایداری دینامیک سیستم قدرت</li> <li>- اثر UPFC روی پایداری دینامیک سیستم قدرت</li> </ul>
	۱ ۱ ۲ ۱			<p>مهارت :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- آزمایش و بررسی اثر PSS روی پایداری دینامیک سیستم قدرت</li> <li>- آزمایش و بررسی اثر UPFC روی پایداری دینامیک سیستم قدرت</li> <li>- تست پایداری سیستم سه ماشینه</li> <li>- آنالیز نتایج حاصل</li> </ul>
				<p>نگرش :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- بهینه سازی</li> <li>- بهره وری</li> </ul>
				<p>ایمنی :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- دقت به هنگام کار با سیستم لوپ FACTS و رعایت اصول ایمنی</li> <li>- دقت به هنگام کار با برق فشار قوی</li> <li>- رعایت موارد حفاظت شخص و حفاظت تجهیزات</li> </ul>
				<p>توجهات زیست محیطی :</p> <p style="text-align: center;">-</p>



**استاندارد آموزش**  
**- برگه‌ی تحلیل آموزشی -**

	زمان آموزش			عنوان توانایی : توانایی بهبود پایداری گذرا توسط ادوات FACTS
	نظری	عملی	جمع	
	۱:۳۰	۵	۶:۳۰	
تجهیزات ، ابزار ، مواد مصرفی و منابع آموزشی	دانش ، مهارت ، نگرش ، ایمنی توجهات زیست محیطی مرتبط			
- کامپیوتر - لوپ سیستم قدرت با ادوات FACTS - نرم افزار Matlab			۱۵'	دانش : - مفهوم پایداری گذرا - مفهوم سطوح معادل - اصول بهبود پایداری حالت گذرا - روش های بهبود پایداری حالت گذرا
			۱۵'	
		۳۰'		مهارت : - آنالیز سطوح معادل - آزمایش و بهبود پایداری گذرا توسط SVC در یک سیستم دوماشینه
		۱		- آزمایش و بهبود پایداری گذرا توسط SSSC در یک سیستم دوماشینه
		۱		- آزمایش و بهبود پایداری گذرا توسط SPS { Static Phase Shifter } در یک سیستم دوماشینه - شبیه سازی و بهبود پایداری گذرا توسط Matlab
	۱:۳۰			نگرش : - بهینه سازی و بهره وری - کاهش هزینه های نگهداری سیستم های قدرت
				ایمنی : - دقت به هنگام کار با سیستم لوپ FACTS و رعایت اصول ایمنی - دقت به هنگام کار با برق فشار قوی - رعایت موارد حفاظت شخص و حفاظت تجهیزات
				توجهات زیست محیطی : -



## استاندارد آموزش

### - برگه‌ی تحلیل آموزشی -

	زمان آموزش			عنوان توانایی : توانایی بهبود کیفیت توان با بکارگیری ادوات FACTS
	جمع	عملی	نظری	
	۶:۳۰	۵	۱:۳۰	
تجهیزات ، ابزار ، مواد مصرفی و منابع آموزشی	دانش ، مهارت ، نگرش ، ایمنی توجهات زیست محیطی مرتبط			
- برگه های اطلاعاتی			۳۰'	دانش : - تعریف قابلیت اعتماد در سیستم های قدرت - مفهوم امنیت و در دسترس بودن - مفهوم LOLP، LOEE، LOLE {Loss of Load Probability} LOLP {Loss of Energy Expectation} LOEE {Loss of Load Expectation } LOLE
		۱:۳۰ ۱:۳۰ ۱:۳۰		مهارت : - آنالیز منحنی های ریسک به عنوان یک تابع از پیک بار سیستم - بررسی اثر تغییرات ضریب بار روی اندیس های قابلیت اعتماد - تحلیل تاثیر ضریب در دسترس بودن UPFC بر اندیس های قابلیت اعتماد - مقایسه بین ادوات UPFC و TCSC
				نگرش : - بهینه سازی و بهره وری - افزایش راندمان
				ایمنی :
				توجهات زیست محیطی : -



**– برگه استاندارد تجهیزات ، مواد ، ابزار**

ردیف	مشخصات فنی	تعداد	شماره
۱	نرم افزار Matlab	یک عدد	
۲	کامپیوتر (CPU Dual Core-۴ GB RAM)	یک دستگاه برای هر دو نفر	
۳	دیتا پروژکتور	یک دستگاه	
۴	میز کامپیوتر	یک عدد برای هر نفر	
۵	صندلی کامپیوتر	یک عدد برای هر نفر	
۶	Flash Memory	یک عدد برای هر سیستم	
۷	پرینتر	یک دستگاه	
۸	دیتا شیت های ادوات FACTS	۷ سری	
۹	لوپ سیستم قدرت با ادوات FACTS	یک عدد برای هر سه نفر	
۱۰			

توجه :

– تجهیزات برای یک کارگاه به ظرفیت ۱۵ نفر در نظر گرفته شود .

– ابزار به ازاء هر سه نفر محاسبه شود .

– مواد به ازاء یک نفر کارآموز محاسبه شود .



– منابع و نرم افزار های آموزشی

شرح	ردیف
<a href="http://www.IEEE.org">www.IEEE.org</a>	۱
کتاب های مربوط به FACTS	۲