มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์

การสอบกลางภาคการศึกษาที่ 2 **ประจำปีการศึกษา** 2552
วันที่ 25 ธันวาคม 2552 **เวลา** 13.30-16.30 น.
วิชา 210-471 Power Systems I **ห้องสอบ** R300

คำแนะนำ

1. ข้อสอบชุดนี้มีทั้งหมด 8 ข้อ รวม 15 หน้า ควรตรวจสอบก่อนลงมือทำ
2. ควรทำข้อสอบด้วยความมีสติ ไม่ตื่นเต้นหรือประมาทจนเกินไป
3. การสอบเป็นแบบปิดตำรา แต่อนุญาตให้นำกระดาษขนาด A4 ซึ่งบันทึกข้อความอะไรก็ได้เข้าห้องสอบได้จำนวน 1 แผ่น
4. อนุญาตให้นำเครื่องคำนวณและเครื่องเขียนทุกชนิดเข้าห้องสอบได้
5. อนุญาตให้ใช้ดินสอหรือปากกาสำหรับการเขียนคำตอบ

ผู้ออกข้อสอบ : ผศ. สุนทร ปิยรัตนวงศ์

ข้อ	1	2	3	4	5	6	7	8	รวม
คะแนนเต็ม	20	15	15	20	20	20	15	15	140
คะแนนที่ได้									

ชื่อ _____ **รหัสประจำตัว** _____

ข้อ 1 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสซึ่งมีค่าพิกัด 60 MVA, 69.3 kV, 50 Hz และมีค่ารีแอกแตนซ์ 15 Ω ถูกนำไปต่อซิงโครไนซ์กับระบบขนาดใหญ่ ณ บัสอินฟินิต ที่ระดับพิกัดแรงดัน

(ก) ในสภาวะเริ่มต้น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกำลังไฟฟ้าเต็มพิกัด ที่ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ 0.8 ล้าหลัง จงวิเคราะห์หาขนาดของแรงดันกำเนิดในแต่ละเฟสและค่ามุมกำลังของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

(ข) ในสภาวะเริ่มต้น เครื่องกำเนิดไฟฟ้าถูกกระตุ้นแบบใด จงวาดแผนภาพเฟสเซอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในสภาวะเริ่มต้น

(ค) ถ้าควบคุมการกระตุ้นจนกระทั่งแรงดันกำเนิดในแต่ละเฟสมีขนาด 36 kV จงวิเคราะห์หาค่ากำลังไฟฟ้าจริงสูงสุดที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าสามารถจ่ายได้โดยไม่สูญเสียสภาพการซิงโครไนซ์

(ง) ถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกำลังไฟฟ้าจริง 48 MW ในขณะที่แรงดันกำเนิดในแต่ละเฟสมีขนาด 46 kV จงวิเคราะห์หากระแสอาร์เมเจอร์และค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า

ข้อ 2 เครื่องกำเนิดไฟฟ้าซิงโครนัสไฮโดร 60 MVA, 34.64 kV มีรีแอกแตนซ์ในแนวแกนตรง 13.5 Ω และมีรีแอกแตนซ์ในแนวแกนขวาง 9.333 Ω ถูกนำไปต่อซิงโครไนซ์กับระบบขนาดใหญ่ ณ บัสอินฟินิต ที่ระดับพิกัดแรงดัน

(ก) จงวาดแผนภาพเฟสเซอร์เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกำเนิด แรงดันที่ขั้ว และกระแสอาร์เมเจอร์ ในกรณีที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบนำหน้า

(ข) จงวาดแผนภาพเฟสเซอร์เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงดันกำเนิด แรงดันที่ขั้ว และกระแสอาร์เมเจอร์ ในกรณีที่เครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกำลังไฟฟ้าแบบล้าหลังแล้ว ใช้แผนภาพเฟสเซอร์นี้พิสูจน์ว่า $\delta = \tan^{-1} \dfrac{X_q |I_a| \cos\theta}{|V| + X_q |I_a| \sin\theta}$

(ค) ถ้าเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจ่ายกำลังไฟฟ้าเต็มพิกัด ที่ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ 0.8 ล้าหลัง จงวิเคราะห์หาขนาดแรงดันกำเนิด และค่ามุมโรเตอร์

ข้อ 3 หม้อแปลง 3 เฟส 1200 MVA, 13.8Δ/345Y kV มีค่ารีแอกแตนซ์รั่วไหลสมมูลด้านปฐมภูมิเท่ากับ 0.0159 Ω ทางด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงต่อกับโหลดสมดุล 3 เฟส 1000 MVA ที่มีค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ 0.9 ล้าหลัง ถ้าแรงดันเฟส a ทีตกคร่อมโหลดมีค่า $199.2\angle 0^{\circ}$ kV และหม้อแปลง 3 เฟส นี้ต่อแบบ DY5

(ก) จงวิเคราะห์หากระแสในไลน์ A ด้านปฐมภูมิของหม้อแปลง

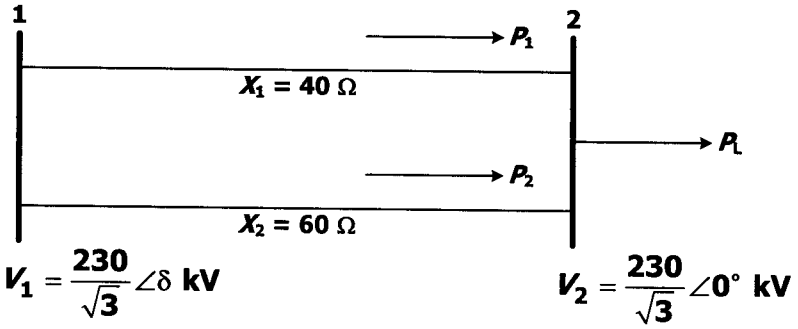
(ข) จงวิเคราะห์หาแรงดันไลน์ AB ที่ขั้วหม้อแปลงด้านปฐมภูมิ

ข้อ 4 ระบบไฟฟ้ากำลังแห่งหนึ่งมีโครงสร้างและข้อมูลดังแสดงในรูปข้างล่าง

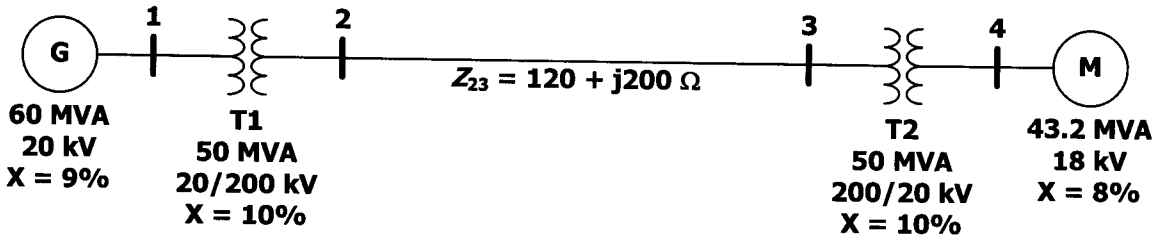
(ก) จงพิสูจน์ว่า $P_{1-3\phi} = \frac{230^2}{40}\sin\delta$ MW และ $P_{2-3\phi} = \frac{230^2}{60}\sin\delta$ MW

(ข) วิเคราะห์หา $P_{1-3\phi}$ และ $P_{2-3\phi}$ ถ้า $P_{L-3\phi} = 600$ MW

(ค) ถ้าติดตั้ง Phase control regulating transformer ที่ปลายสายส่งเส้นบน ด้านบัส 2 เพื่อควบคุมให้ $P_{1-3\phi} = P_{2-3\phi}$ ในกรณีที่ $P_{L-3\phi} = 600$ MW จงวิเคราะห์หาอัตราส่วนแรงดันของ Phase control regulating transformer นี้



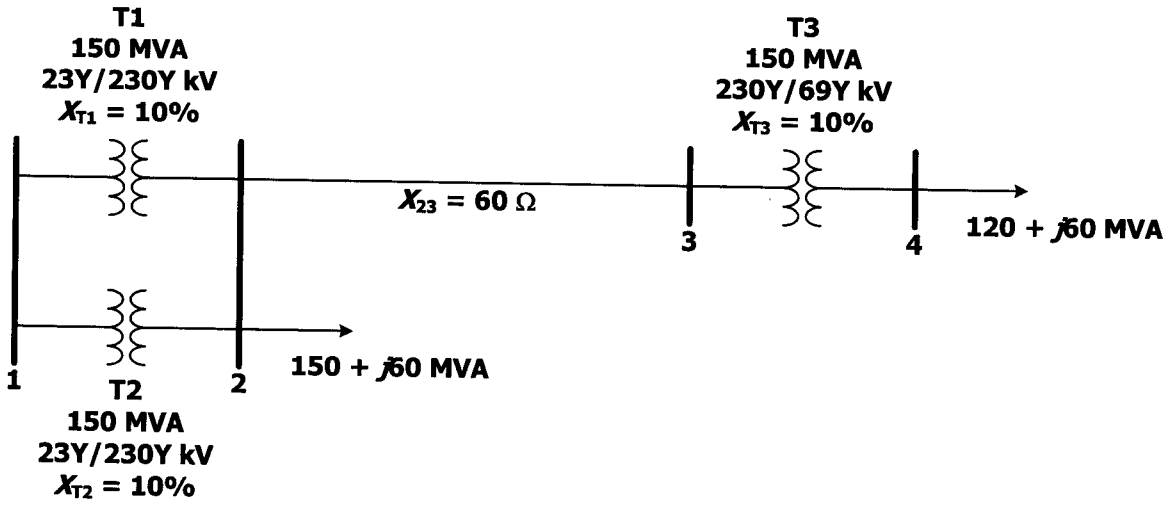
ข้อ 5 ระบบไฟฟ้ากำลังแห่งหนึ่งมีโครงสร้างและข้อมูลดังแสดงในรูปข้างล่าง



(ก) จงวาดวงจรสมมูล 1 เฟส ของระบบไฟฟ้ากำลังในระบบต่อหน่วยโดยใช้ค่าฐาน 100 MVA, 20 kV ในส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นค่าฐานของระบบ

(ข) ถ้ามอเตอร์กำลังทำงานที่พิกัดแรงดัน โดยได้รับกำลังไฟฟ้า 45 MVA ที่ค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ 0.80 ล้าหลัง จงวิเคราะห์หาขนาดของแรงดันกำเนิดและแรงดันที่ขั้วของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ต้องวิเคราะห์โดยใช้ค่าต่อหน่วย ที่อ้างอิงกับค่าฐาน 100 MVA, 20 kV ในส่วนของเครื่องกำเนิดไฟฟ้าเป็นค่าฐานการวิเคราะห์

ข้อ 6 ระบบไฟฟ้ากำลังแห่งหนึ่งมีโครงสร้างและข้อมูลดังแสดงในรูปข้างล่าง

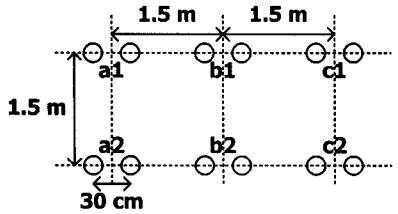


ถ้าแรงดันที่บัส 4 ถูกควบคุมให้มีขนาด 69 kV จงวิเคราะห์หาขนาดแรงดันที่บัส 1 โดยใช้ค่าต่อหน่วย กำหนดให้ใช้ค่าฐาน 300 MVA 230 kV ในวงจรสายส่งเป็นค่าฐานของระบบ

ตารางคุณลักษณะของสายส่ง ACSR สำหรับข้อสอบ ข้อที่ 7-8

Code Word	Circular Mils Aluminum	Aluminum		Steel		Outside Diameter (Inches)	Copper Equivalent* Circular Mils or A.W.G.	Ultimate Strength (Pounds)	Weight (Pounds per Mile)	Geometric Mean Radius at 60 Hz (Feet)	Approx. Current Carrying Capacity† (Amps)	r_a Resistance (Ohms per Conductor per Mile)						50°C (122°F) Current Approx. 75% Capacity‡			
												25°C (77°F) Small Currents									
			Strand Diameter (Inches)		Strand Diameter (Inches)							dc	25 Hz	50 Hz	60 Hz	dc	25 Hz	50 Hz	60 Hz
Joree	2 515 000	76	0.1819	19	0.0849	1.880		61 700		0.0621										0.0450
Thrasher	2 312 000	76	0.1744	19	0.0814	1.802		57 300		0.0595										0.0482
Kiwi	2 167 000	72	0.1735	7	0.1157	1.735		49 800		0.0570										0.0511
Bluebird	2 156 000	84	0.1602	19	0.0961	1.762		60 300		0.0588										0.0505
Chukar	1 781 000	84	0.1456	19	0.0874	1.602		51 000		0.0534										0.0598
Falcon	1 590 000	54	0.1716	19	0.1030	1.545	1 000 000	56 000	10 777	0.0520	1 380	0.0587	0.0588	0.0590	0.0591	0.0646	0.0656	0.0675	0.0684
Parrot	1 510 500	54	0.1673	19	0.1004	1.506	950 000	53 200	10 237	0.0507	1 340	0.0618	0.0619	0.0621	0.0622	0.0680	0.0690	0.0710	0.0720
Plover	1 431 000	54	0.1628	19	0.0977	1.465	900 000	50 400	9 699	0.0493	1 300	0.0652	0.0653	0.0655	0.0656	0.0718	0.0729	0.0749	0.0760
Martin	1 351 000	54	0.1582	19	0.0949	1.424	850 000	47 600	9 160	0.0479	1 250	0.0691	0.0692	0.0694	0.0695	0.0761	0.0771	0.0792	0.0803
Pheasant	1 272 000	54	0.1535	19	0.0921	1.382	800 000	44 800	8 621	0.0465	1 200	0.0734	0.0736	0.0737	0.0738	0.0808	0.0819	0.0840	0.0851
Grackle	1 192 500	54	0.1486	19	0.0892	1.338	750 000	43 100	8 082	0.0450	1 160	0.0783	0.0784	0.0786	0.0788	0.0862	0.0872	0.0894	0.0906
Finch	1 113 000	54	0.1436	19	0.0862	1.293	700 000	40 200	7 544	0.0435	1 110	0.0839	0.0840	0.0842	0.0844	0.0924	0.0935	0.0957	0.0969
Curlew	1 033 500	54	0.1384	7	0.1384	1.246	650 000	37 100	7 019	0.0420	1 060	0.0903	0.0905	0.0907	0.0909	0.0994	0.1005	0.1025	0.1035
Cardinal	954 000	54	0.1329	7	0.1329	1.196	600 000	34 200	6 479	0.0403	1 010	0.0979	0.0980	0.0981	0.0982	0.1078	0.1088	0.1118	0.1128
Canary	900 000	54	0.1291	7	0.1291	1.162	566 000	32 300	6 112	0.0391	970	0.104	0.104	0.104	0.104	0.1145	0.1155	0.1175	0.1185
Crane	874 500	54	0.1273	7	0.1273	1.146	550 000	31 400	5 940	0.0386	950	0.107	0.107	0.107	0.108	0.1178	0.1188	0.1218	0.1228
Condor	795 000	54	0.1214	7	0.1214	1.093	500 000	28 500	5 399	0.0368	900	0.117	0.118	0.118	0.119	0.1288	0.1308	0.1358	0.1378
Drake	795 000	26	0.1749	7	0.1360	1.108	500 000	31 200	5 770	0.0375	900	0.117	0.117	0.117	0.117	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288
Mallard	795 000	30	0.1628	19	0.0977	1.140	500 000	38 400	6 517	0.0393	910	0.117	0.117	0.117	0.117	0.1288	0.1288	0.1288	0.1288
Crow	715 500	54	0.1151	7	0.1151	1.036	450 000	26 300	4 859	0.0349	830	0.131	0.131	0.131	0.132	0.1442	0.1452	0.1472	0.1482
Starling	715 500	26	0.1659	7	0.1290	1.051	450 000	28 100	5 193	0.0355	840	0.131	0.131	0.131	0.131	0.1442	0.1442	0.1442	0.1442
Redwing	715 500	30	0.1544	19	0.0926	1.081	450 000	34 600	5 885	0.0372	840	0.131	0.131	0.131	0.131	0.1442	0.1442	0.1442	0.1442
Flamingo	666 600	54	0.1111	7	0.1111	1.000	419 000	24 500	4 527	0.0337	800	0.140	0.140	0.141	0.141	0.1541	0.1571	0.1581	0.1601
Rook	636 000	54	0.1085	7	0.1085	0.977	400 000	23 600	4 319	0.0329	770	0.147	0.147	0.148	0.148	0.1618	0.1638	0.1678	0.1688
Grosbeak	636 000	26	0.1564	7	0.1216	0.990	400 000	25 000	4 616	0.0335	780	0.147	0.147	0.147	0.147	0.1618	0.1618	0.1618	0.1618
Egret	636 000	30	0.1456	19	0.0874	1.019	400 000	31 500	5 213	0.0351	780	0.147	0.147	0.147	0.147	0.1618	0.1618	0.1618	0.1618
Peacock	605 000	54	0.1059	7	0.1059	0.953	380 500	22 500	4 109	0.0321	750	0.154	0.155	0.155	0.155	0.1695	0.1715	0.1755	0.1775
Squab	605 000	26	0.1525	7	0.1186	0.966	380 500	24 100	4 391	0.0327	760	0.154	0.154	0.154	0.154	0.1700	0.1720	0.1720	0.1720
Dove	556 500	26	0.1463	7	0.1138	0.927	350 000	22 400	4 039	0.0313	730	0.168	0.168	0.168	0.168	0.1849	0.1859	0.1859	0.1859
Eagle	556 500	30	0.1362	7	0.1362	0.953	350 000	27 200	4 588	0.0328	730	0.168	0.168	0.168	0.168	0.1849	0.1859	0.1859	0.1859
Hawk	477 000	26	0.1355	7	0.1054	0.858	300 000	19 430	3 462	0.0290	670	0.196	0.196	0.196	0.196	0.216			
Hen	477 000	30	0.1261	7	0.1261	0.883	300 000	23 300	3 933	0.0304	670	0.196	0.196	0.196	0.196	0.216			
Ibis	397 500	26	0.1236	7	0.0961	0.783	250 000	16 190	2 885	0.0265	590	0.235	Same as dc			0.259	Same as dc		
Lark	397 500	30	0.1151	7	0.1151	0.806	250 000	19 980	3 277	0.0278	600	0.235				0.259			
Linnet	336 400	26	0.1138	7	0.0855	0.721	4/0	14 050	2 442	0.0244	530	0.278				0.306			
Oriole	336 400	30	0.1059	7	0.1059	0.741	4/0	17 040	2 774	0.0255	530	0.278				0.306			
Ostrich	300 000	26	0.1074	7	0.0835	0.680	188 700	12 650	2 178	0.0230	490	0.311				0.342			
Piper	300 000	30	0.1000	7	0.1000	0.700	188 700	15 430	2 473	0.0241	500	0.311				0.342			
Partridge	266 800	26	0.1013	7	0.0788	0.642	3/0	11 250	1 936	0.0217	460	0.350				0.385			

ข้อ 7 สายส่งในระบบส่ง 3 เฟส 230 kV, 60 Hz แบบวงจรขนาน 2 วงจร มีการติดตั้งบนเสาส่ง ดังแสดงในรูปข้างล่าง ถ้าสายส่งที่ใช้เป็นแบบ 2 บันเดิล ACSR Dove จงวิเคราะห์หาค่าความเหนี่ยวนำของสายส่งต่อความยาว 1 กิโลเมตร



ข้อ 8 สายส่งในระบบส่ง 3 เฟส 500 kV, 60 Hz มีการติดตั้งบนเสาส่งในแนวนอนโดยมีระยะห่างระหว่างเฟสเท่ากับ 10 m, 10 m และ 20 m ตามลำดับ ถ้าสายส่งที่ใช้เป็นแบบ 3 บันเดิล ACSR Finch วางห่างกันด้านละ 45.7 cm

(ก) จงวิเคราะห์หาค่าความเหนี่ยวนำของสายส่งต่อความยาว 1 กิโลเมตร

(ข) จงวิเคราะห์หาค่าความต้านทานของสายส่ง ณ อุณหภูมิ 40°C ต่อความยาว 1 กิโลเมตร