

## บทที่ 4

### การทดลองและผลการทดลอง

#### 4.1 ผลการทดลองโปรแกรมกับระบบจำหน่ายมาตรฐาน IEEE 34 Node Test Feeder

ผลที่ได้จากการทดลองแบบแบบสแตติกของระบบจำหน่ายแบบมัลติเฟสด้วยโปรแกรม DIgSILENT Power Factory โดยติดตั้ง PV ที่จำลองแบบโหลดติดลบ (Negative Load) ณ บัสที่อ่อนแอที่สุดที่บัส 890 ดังแสดงในภาพที่ 4.1 โดยที่ค่าระดับแรงดันไฟฟ้าที่บัส 890 ทั้งสามเฟสจะมีค่าต่ำกว่าขอบเขตของแรงดันไฟฟ้า 0.95 เปรอ์ยูนิตดังแสดงในภาพที่ 4.1 จากนั้นทำการเพิ่มระดับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ที่บัส 890 ที่ 450 KW. ทั้งกรณีที่เชื่อมต่อ Regulators ดังแสดงในภาพที่ 4.1 และดังแสดงในภาพที่ 4.1 จะเห็นว่าแรงดันยังอยู่ในขอบเขตจากนั้นทำการเพิ่มระดับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ที่บัส 890 ขึ้นเรื่อยๆพบว่าค่าสูงสุดของ PV ที่สามารถเพิ่มขึ้นได้ คือระดับการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ 848 KW โดยที่ระดับแรงดันไฟฟ้าทุกบัสอยู่ในขอบเขตของแรงดันไฟฟ้า 0.95-1.05 เปรอ์ยูนิตทั้งกรณีที่เชื่อมต่อ Regulators และไม่เชื่อมต่อ ดังแสดงในภาพที่ 4.2 และดังแสดงในภาพที่ 4.1 ถ้ามีการเพิ่มขนาดของ PV ที่บัส 890 ไปมากกว่า 848 KW ค่าระดับแรงดันไฟฟ้าของเฟส C ที่บัส 890 จะเกิดแรงดันเกิน 1.05 เปรอ์ยูนิต ก่อนบัสอื่นๆ ดังแสดงในภาพที่ 4.1 ส่วนผลกระทบของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ต่อระดับแรงดันไฟฟ้าที่บัสกำลังไฟฟ้าจริงสูญเสียโหลดคั้งแฟคเตอร์สูงสุดและเปอร์เซ็นต์แฟคเตอร์ความไม่สมดุลของแรงดันไฟฟ้าของแต่ละกรณีสามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการ Run Three Phases Power Flow กรณีที่ยังไม่ได้ติดตั้ง PV ดังแสดงดังภาพ 4.1  
 ผลการ Run Three Phases Power Flow ค่าระดับแรงดันไฟฟ้าที่บัส 890 กรณีที่ยังไม่ได้ติดตั้ง PV

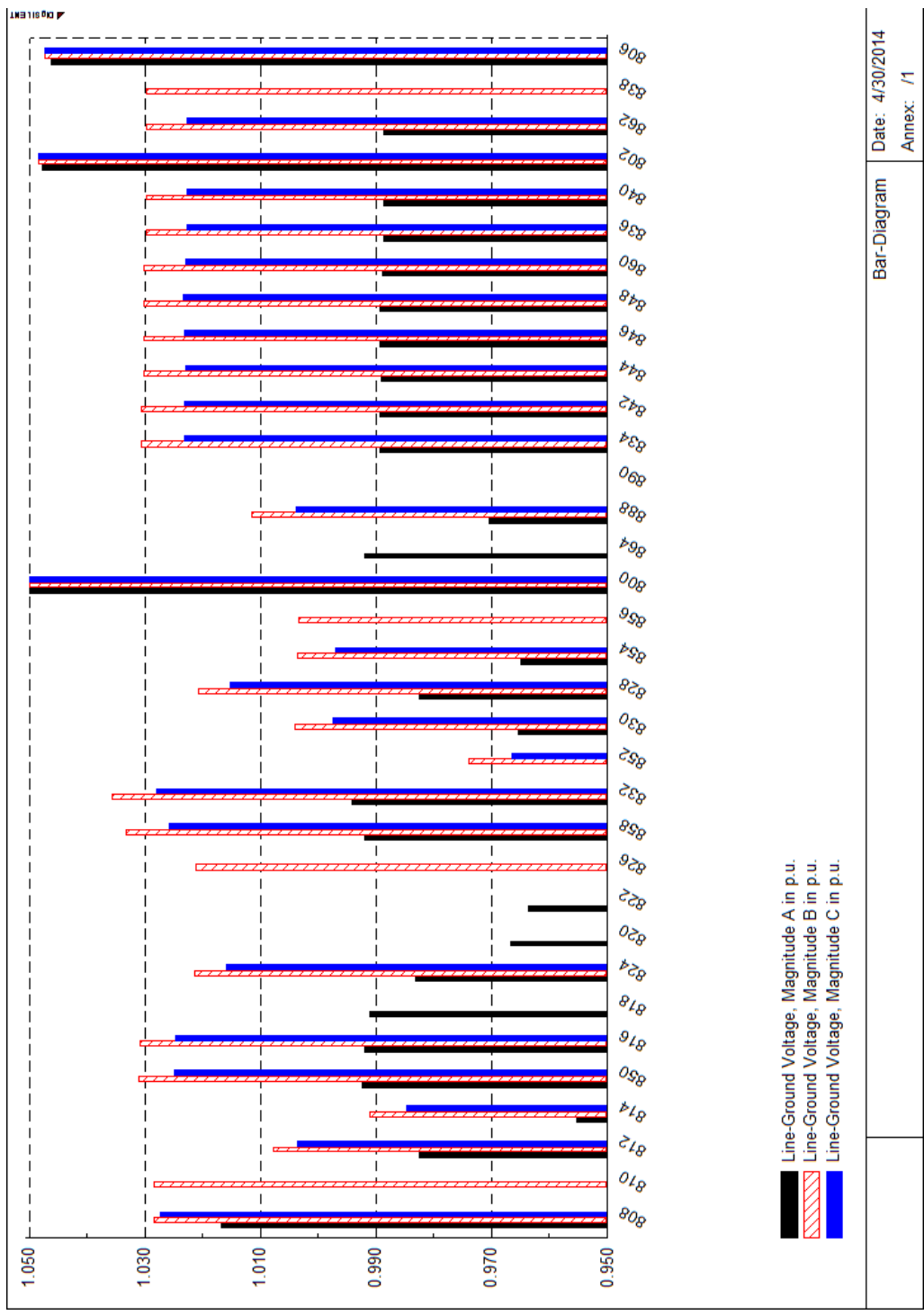
Bus	เฟส	Bus Voltage (p.u.)	Bus	เฟส	Bus Voltage (p.u.)
800			836		
	A	1.049981		A	0.9886
	B	1.050001		B	1.029777
	C	1.050018		C	1.022698
802			838		
	A	1.047656		A	0
	B	1.048347		B	1.029603
	C	1.048331		C	0
806			840		
	A	1.046088		A	0.988575
	B	1.047287		B	1.029745
	C	1.047228		C	1.022671
808			842		
	A	1.016685		A	0.989198
	B	1.028457		B	1.030507
	C	1.027179		C	1.023165
810			844		
	A	0.000000		A	0.988989
	B	1.028310		B	1.03019
	C	0.000000		C	1.022931
812			846		
	A	0.982465		A	0.989235
	B	1.007626		B	1.030186
	C	1.003463		C	1.023187

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Bus	เฟส	Bus Voltage (p.u.)	Bus	เฟส	Bus Voltage (p.u.)
814			848		
	A	0.955271		A	0.98927
	B	0.991129		B	1.030215
	C	0.984590		C	1.02323
816			850		
	A	0.991921		A	0.992312
	B	1.030718		B	1.030967
	C	1.024540		C	1.024812
818			852		
	A	0.990976		A	0.935345
	B	0.000000		B	0.974018
	C	0.000000		C	0.966453
820			854		
	A	0.966707		A	0.964876
	B	0.000000		B	1.003511
	C	0.000000		C	0.997081
822			856		
	A	0.963579		A	0
	B	0.000000		B	1.003422
	C	0.000000		C	0
824			858		
	A	0.983217		A	0.991879
	B	1.021372		B	1.033278
	C	1.015846		C	1.025755

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

Bus	เฟส	Bus Voltage (p.u.)	Bus	เฟส	Bus Voltage (p.u.)
826			860		
	A	0.000000		A	0.988806
	B	1.021176		B	1.030149
	C	0.000000		C	1.022839
828			862		
	A	0.982505		A	0.988598
	B	1.020685		B	1.029759
	C	1.015118		C	1.022702
830			864		
	A	0.965292		A	0.991874
	B	1.003930		B	0
	C	0.997513		C	0
832			888		
	A	0.994183		A	0.970388
	B	1.035609		B	1.011447
	C	1.027979		C	1.003744
834			890		
	A	0.989244		A	0.888747
	B	1.030572		B	0.93515
	C	1.023214		C	0.921081



ภาพที่ 4.1 กราฟแสดงค่าระดับแรงดันไฟฟ้าที่บัส บัส 890 ผลการ Run Three Phases Power Flow กรณีที่ยังไม่ได้ติดตั้ง

ตารางที่ 4.2 ผลการ Run Three Phases Power Flow กรณีที่ได้ติดตั้ง PV ดังแสดงดังภาพ 4.2

ผลการ Run Three Phases Power ค่าระดับแรงดันไฟฟ้าที่บัส 890 หลังติดตั้ง PV ขนาด 450 KW

With Regulators

Bus	เฟส	Bus Voltage (p.u.)	Bus	เฟส	Bus Voltage (p.u.)
800			836		
	A	1.049981		A	0.984526
	B	1.050001		B	1.020847
	C	1.050018		C	1.018217
802			838		
	A	1.048186		A	0
	B	1.048832		B	1.02067
	C	1.048870		C	0
806			840		
	A	1.046973		A	0.984502
	B	1.048097		B	1.020814
	C	1.048129		C	1.018191
808			842		
	A	1.024151		A	0.985126
	B	1.035285		B	1.021581
	C	1.034773		C	1.018684
810			844		
	A	0.000000		A	0.984916
	B	1.035138		B	1.021263
	C	0.000000		C	1.018451

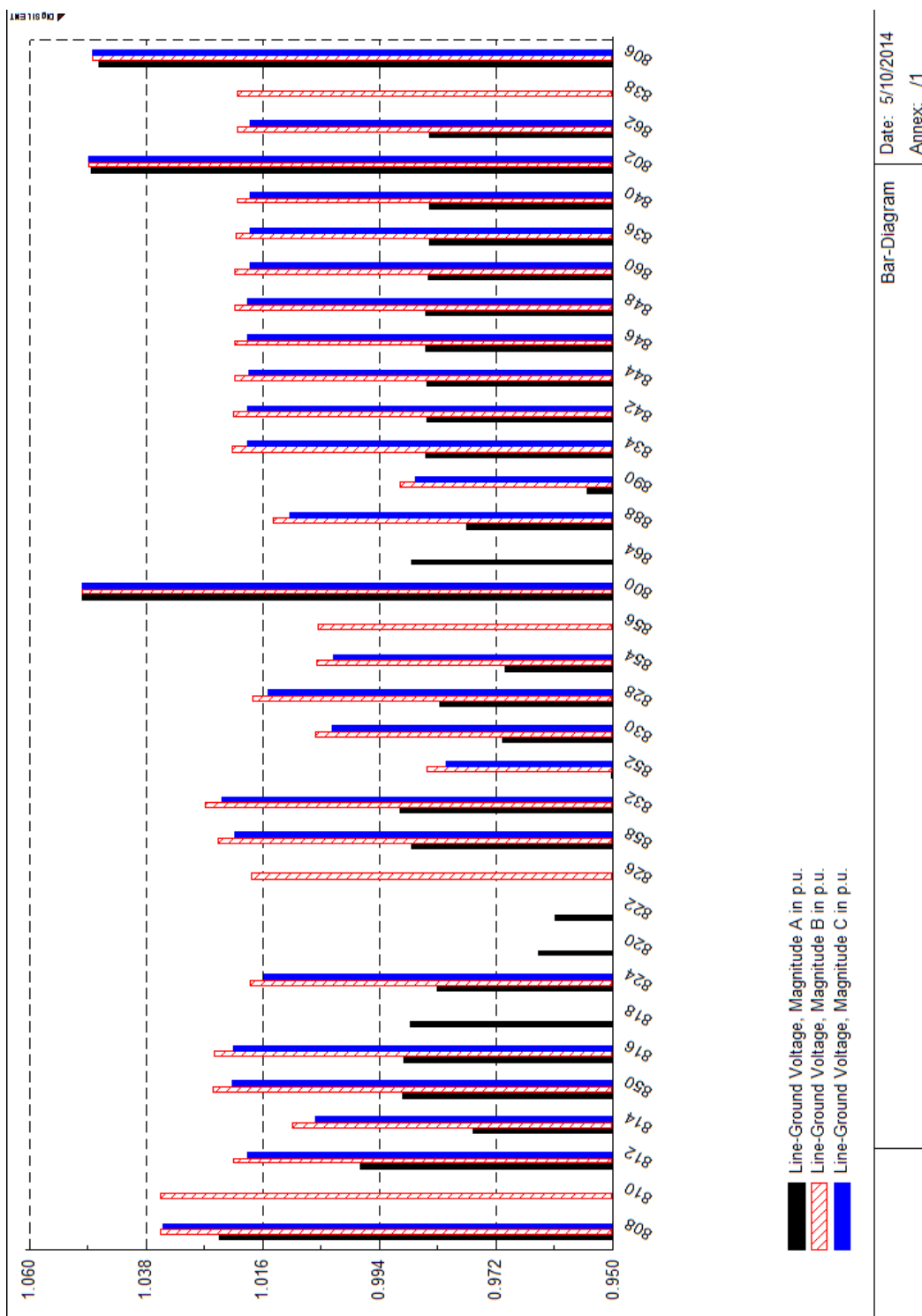
ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

Bus	เฟส	Bus Voltage (p.u.)	Bus	เฟส	Bus Voltage (p.u.)
812			846		
	A	0.997507		A	0.985159
	B	1.021349		B	1.021252
	C	1.018758		C	1.018705
814			848		
	A	0.976250		A	0.985193
	B	1.010234		B	1.02128
	C	1.005919		C	1.018748
816			850		
	A	0.989216		A	0.989528
	B	1.025209		B	1.025382
	C	1.021531		C	1.021721
818			852		
	A	0.988269		A	0.950175
	B	0.000000		B	0.984987
	C	0.000000		C	0.981461
820			854		
	A	0.963943		A	0.970342
	B	0.000000		B	1.0057
	C	0.000000		C	1.002494
822			856		
	A	0.960805		A	0
	B	0.000000		B	1.005611
	C	0.000000		C	0

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

Bus	เฟส	Bus Voltage (p.u.)	Bus	เฟส	Bus Voltage (p.u.)
824			858		
	A	0.983122		A	0.987812
	B	1.018324		B	1.024358
	C	1.015532		C	1.021271
826			860		
	A	0.000000		A	0.984733
	B	1.018129		B	1.02122
	C	0.000000		C	1.018358
828			862		
	A	0.982625		A	0.984525
	B	1.017840		B	1.020828
	C	1.015026		C	1.018221
830			864		
	A	0.970626		A	0.987807
	B	1.005994		B	0
	C	1.002789		C	0
832			888		
	A	0.990119		A	0.977593
	B	1.026693		B	1.013896
	C	1.023492		C	1.010907
834			890		
	A	0.985172		A	0.954687
	B	1.021646		B	0.990001
	C	1.018733		C	0.987109





ภาพที่ 4.2 กราฟแสดงค่าระดับแรงดันไฟฟ้าที่บัส บัส 890 หลังจากติดตั้ง PV ขนาด 450 KW With Regulators

ตารางที่ 4.3 ผลการ Run Three Phases Power Flow ค่าระดับแรงดันไฟฟ้าที่บัส 890 หลังจากติดตั้ง PV ขนาด 848 KW With Regulators

ผลการ Run Three Phases Power Flow ค่าระดับแรงดันไฟฟ้าที่บัส 890 หลังจากติดตั้ง PV ขนาด 848 KW With Regulators

Bus	เฟส	Bus Voltage (p.u.)	Bus	เฟส	Bus Voltage (p.u.)
800			836		
	A	1.049982		A	0.982451
	B	1.050000		B	1.013838
	C	1.050018		C	1.015266
802			838		
	A	1.048623		A	0
	B	1.049218		B	1.013661
	C	1.049307		C	0
806			840		
	A	1.047703		A	0.982426
	B	1.048742		B	1.013806
	C	1.048858		C	1.015239
808			842		
	A	1.030314		A	0.983051
	B	1.040717		B	1.014576
	C	1.040935		C	1.015733
810			844		
	A	0.000000		A	0.982841
	B	1.040570		B	1.014258
	C	0.000000		C	1.0155

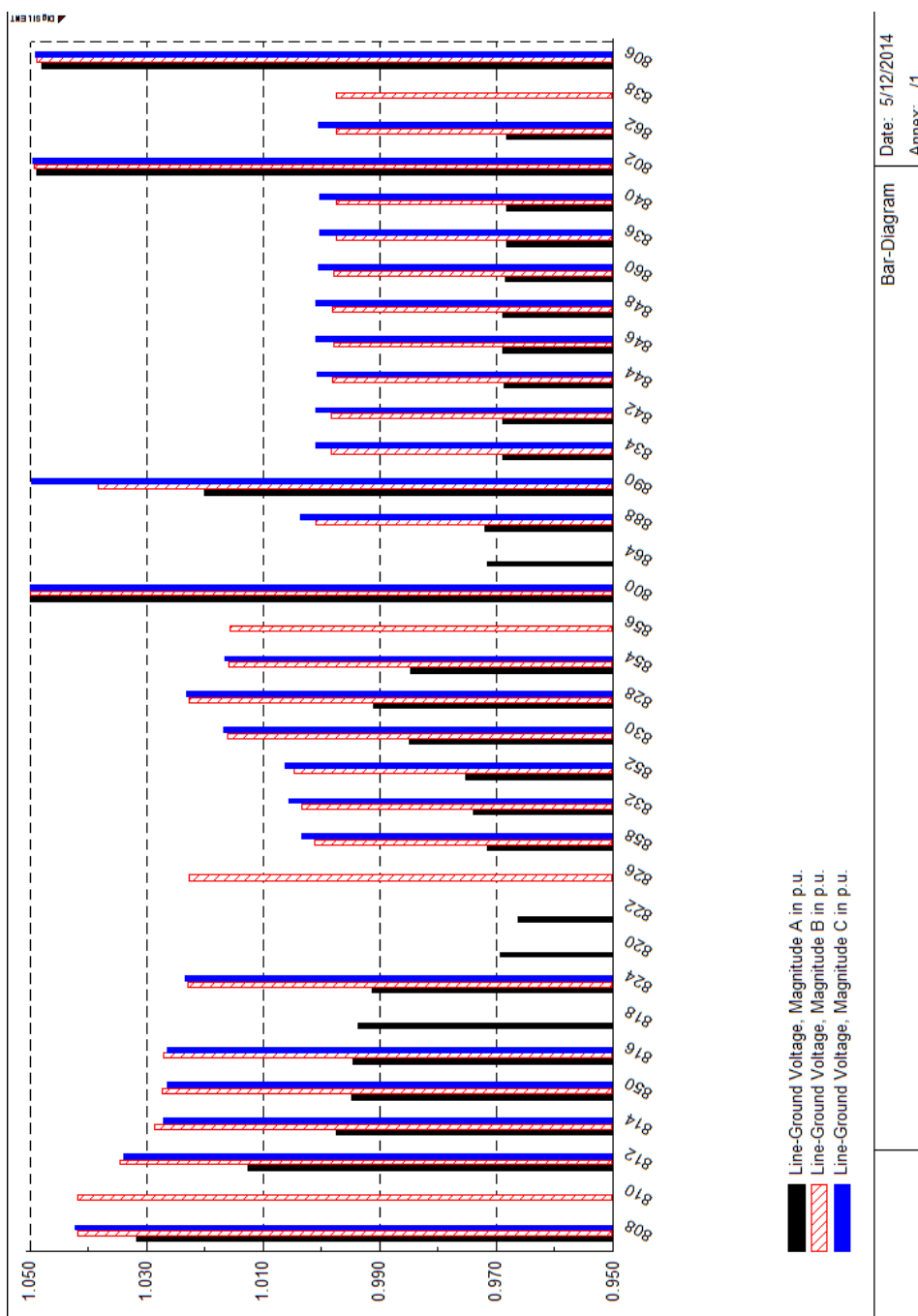
ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

Bus	เฟส	Bus Voltage (p.u.)	Bus	เฟส	Bus Voltage (p.u.)
812			846		
	A	1.009929		A	0.983082
	B	1.032272		B	1.014241
	C	1.031180		C	1.015753
814			848		
	A	0.993584		A	0.983115
	B	1.025451		B	1.014269
	C	1.023256		C	1.015795
816			850		
	A	0.988029		A	0.988269
	B	1.021254		B	1.021362
	C	1.019821		C	1.019938
818			852		
	A	0.987081		A	0.964823
	B	0.000000		B	0.995463
	C	0.000000		C	0.995787
820			854		
	A	0.962729		A	0.976524
	B	0.000000		B	1.00848
	C	0.000000		C	1.008277
822			856		
	A	0.959588		A	0
	B	0.000000		B	1.008391
	C	0.000000		C	0

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

Bus	เฟส	Bus Voltage (p.u.)	Bus	เฟส	Bus Voltage (p.u.)
824			858		
	A	0.984287		A	0.985741
	B	1.016523		B	1.017357
	C	1.016219		C	1.018317
826			866		
	A	0.000000		A	0.982658
	B	1.016327		B	1.014213
	C	0.000000		C	1.015407
828			862		
	A	0.983983		A	0.98245
	B	1.016215		B	1.01382
	C	1.015909		C	1.01527
830			864		
	A	0.976689		A	0.985736
	B	1.008665		B	0
	C	1.008450		C	0
832			888		
	A	0.988053		A	0.984446
	B	1.019696		B	1.015557
	C	1.020537		C	1.016861
834			890		
	A	0.983098		A	1.019071
	B	1.014640		B	1.041616
	C	1.015781		C	1.049955

ในกรณีที่ไม่มีผลของโวลต์เตจเร็กกูเลเตอร์ ค่าสูงสุดของ PV ที่สามารถเพิ่มขึ้นได้คือ 949 kW โดยที่ระดับแรงดันไฟฟ้าทุกบัสยังอยู่ในขอบเขตของแรงดันไฟฟ้าดังแสดงในภาพที่ 4.4

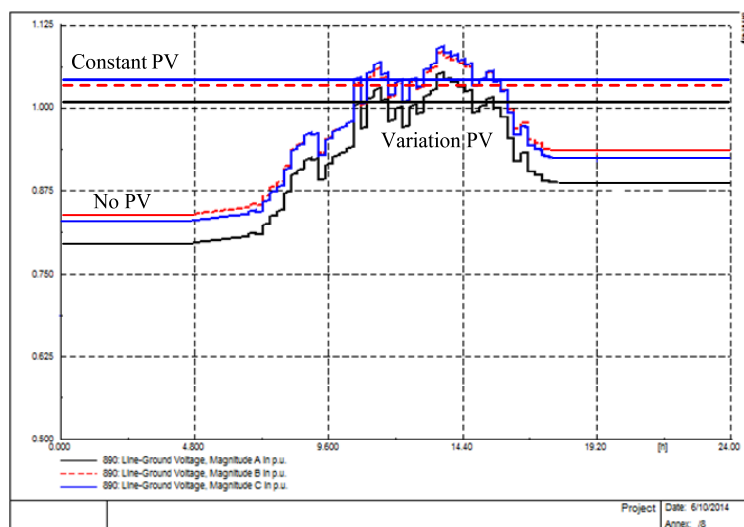


ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงค่าระดับแรงดันไฟฟ้าที่บัส บัส 890 หลังจากติดตั้ง PV ขนาด 949 kW With Regulators

ตารางที่ 4.4 สรุปผลกระทบของระบบผลิตพลังงานไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ในกรณีต่างๆ

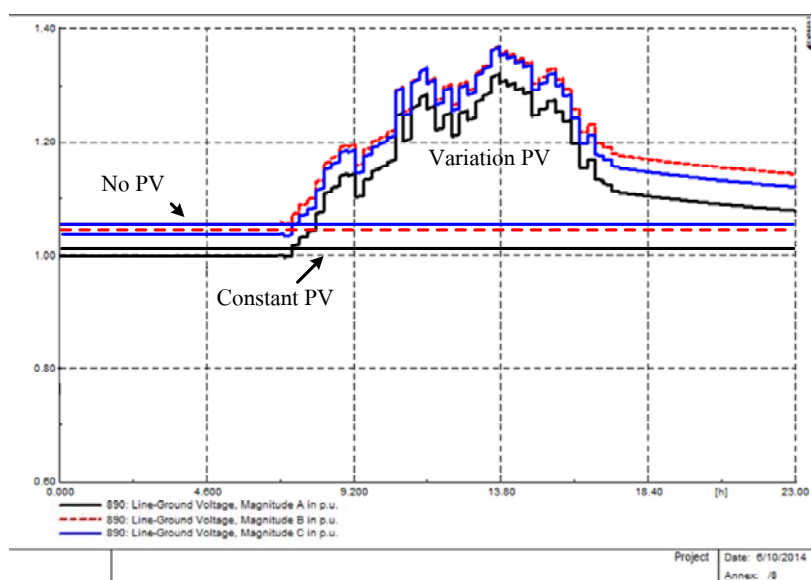
Case	Loss [MW]	ALR [%]	MLF	VUF [%]
Regulators with PV 450kW	0.1256	52.07	2.913	1.1227
Regulators with PV 848kW	0.0913	65.16	3.431	0.7537
No regulators with PV 949kW	0.0961	63.33	3.207	0.6430

จากนั้นนำผลที่ได้จากการวิเคราะห์แบบสถติคมาวิเคราะห์แบบไดนามิก เพื่อหาผลกระทบของPVที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา (ค่ายอดสูงสุดเท่ากับ 949 kWp) ค่าระดับแรงดันสูงสุดเกิดขึ้นที่เวลา 13.45 ชั่วโมงหรือ 49,500 วินาที โดยค่าระดับแรงดันไฟฟ้าที่บัส 890 เฟส C มีค่าเท่ากับ 1.09935 เอรียูนิต ซึ่งมีค่าแรงดันเกินกว่าค่าที่กำหนดไป 1.69% ดังแสดงในภาพ



ภาพที่ 4.4 ผลของ PV ที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาต่อระดับแรงดันที่บัส 890 ของระบบมัลติเฟสที่ไม่คิดผลของโวลต์เตจเร็กกูเลเตอร์

และในกรณีที่คิดผลของโวลต์เตจเร็กกูเลเตอร์ผลของ PV ที่มีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา (ค่ายอดสูงสุด 848 kWp) ระดับแรงดันสูงสุดเกิดขึ้นที่เวลา 13.45 ชั่วโมง หรือ 49,500 วินาที โดยที่ค่าระดับแรงดันไฟฟ้าที่บัส 890 เฟส C มีค่าเท่ากับ 1.3515 เอรียูนิต ซึ่งทำให้แรงดันเกินไป 30.15% ดังแสดงในภาพที่ 4.6



ภาพที่ 4.5 ผลของ PV ที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาต่อระดับแรงดันที่บัส 890 ของระบบมัลติเฟสที่คิดผลโวลต์เตจเร็กกูเลเตอร์