ՀԱՅԿԱԿԱՆ ՍՍՀ ԳԻՏՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ԱԿԱԴԵՄԻԱՅԻ ՏԵՂԵԿԱԳԻՐ
ИЗВЕСТИЯ АКАДЕМИИ НАУК АРМЯНСКОЙ ССР

Տեխնիկական գիտութ. սերիա XXV, № 5, 1972 Серия технических наук

ЭНЕРГЕТИКА

А. И. МУСАЕЛЯН

К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ РЕАКТИВНЫХ СОПРОТИВЛЕНИЙ СЕТИ ПРИ СНИЖЕНИИ ЧАСТОТЫ В ЭНЕРГОСИСТЕМЕ

Целью статьи является оценка влияния изменения реактивных сопротивлений элементов сети энергосистемы на протекание переходных режимов, связанных со снижением частоты. Учет этого влияния на ЭЦВМ, хотя он и связан с необходимостью вычисления параметров схемы в каждом промежуточном режиме процесса снижения частоты, не встречает принципиальных затруднений. Достаточно иметь подпрограмму, в которой предусматривается сохранение начальных r и x схемы в течение всего расчета установившегося режима. С большими неудобствами связан учет изменения реактивных сопротивлений сети при изменении частоты в расчетах на автоматизированной модели энергосистемы (АМЭС). Этот учет может быть осуществлен двумя путями: изменением параметров сети на панели сопротивлений; соответствующим изменением рабочей частоты питающего генератора АМЭС.

Первый путь приводит к значительному увеличению трудоемкости и времени расчета. Второй путь неблагоприятно отражается на работе ряда устройств АМЭС, в частности, ее измерительного комплекта генераторного и нагрузочного элементов.

Представляет практический интерес оценка влияния изменения реактивных сопротивлений сети на характер протекания переходных режимов в наиболее существенном для энергосистемы диапазоне изменения частот 50÷46,5 $гц$ (нижний предел этого диапазона совпадает с нижней уставкой первой категории АЧР).

При оценке характера протекания процесса рассматриваются минимальные уровни напряжения в системе, характеризующие условия возникновения лавины напряжения в узлах нагрузок, и уровень зависания частоты, обуславливающий объемы АЧР.

Неучет уменьшения реактивных сопротивлений при снижении частоты, в первую очередь, отражается на величинах потерь мощности, особенно реактивной, и потерь напряжения в электрической сети. Аналитическое представление этих параметров режима в функции частоты не представляется возможным ввиду влияния многочисленных факторов, (статические характеристики нагрузки по частоте и напряжению, $\cos\varphi$ суммарной нагрузки, перераспределение перетоков мощности в системе

в зависимости от величины и места возникновения аварийного дефицита). Поэтому не представляется возможной оценка неучета изменения реактивных сопротивлений от частоты. Эту оценку можно произвести по результатам конкретных расчетов на ЭЦВМ. Некоторый предварительный качественный анализ исследуемого влияния представляется следующим образом.

В первый момент внезапного возникновения дефицита частота не успевает измениться, но балансе распределяется по отдельным агрегатам системы в соответствии с величинами э. д. с., их фазами и относительной удаленностью станций от места возмущения. В результате большую часть дефицита берут на себя агрегаты близлежащих станций.

По этой причине в первый момент после аварии как активные, так и реактивные суммарные потери в электрической сети увеличиваются незначительно. Затем, по мере изменения углов э. д. с. в соответствии с величинами полученных набросов мощности и инерционностью агрегатов, имеет место перераспределение дополнительной нагрузки между станциями. Резко возрастают перетоки от удаленных станций, что приводит к значительному увеличению потерь мощности. Соответственно возрастают также потери напряжения в сети. В случае неучета уменьшения реактивных сопротивлений в процессе снижения частоты потери мощности, особенно реактивной, и потери напряжения в сети оказываются завышенными, а уровни напряжения в системе — ниже действительных. Последнее в определенной мере компенсируется соответствующим снижением потребляемой мощности нагрузок и реакцией АРВ генераторов. В результате, в достаточно широком диапазоне изменения частот, разница между расчетными уровнями напряжения при учете и неучете изменения сопротивлений сети может оказаться незначительной.

Неучет уменьшения реактивных сопротивлений мало влияет также на величину выдаваемой генераторами суммарной активной мощности, характеризующей уровень зависания частоты, так как увеличение потерь активной мощности в этом случае компенсируется снижением потребляемой активной мощности.

С целью количественной оценки указанных факторов были проведены расчеты переходных режимов энергосистем при различных аварийных дефицитах мощности. Выполнялись две серии расчетов:

1) Величины реактивных сопротивлений сети принимались неизменными в течение всего процесса снижения частоты $x=x_0$;

2) Величины реактивных сопротивлений сети изменялись прямо пропорционально частоте $x=fx_0$.

Ниже приводятся результаты таких расчетов для энергосистемы, эквивалентная схема замещения которой представлена на рис. 1. Параметры схемы r и x (в омах) приведены в табл. 1. Поперечные реактивности сети учитываются в статических характеристиках нагрузки. Принимаются заданными статические характеристики узлов нагрузок по напряжению и частоте, законы регулирования возбуждения и скорости генераторных узлов. Аварийный дефицит в энергосистеме воспроизво-

дится отключением в исходном нормальном режиме 508 *мвт* генерирующей мощности в узле 16.

В результате расчетов были найдены изменения частоты и других параметров режима во времени. С целью достижения более низких уровней зависания частоты устройства автоматической разгрузки принимались заблокированными.

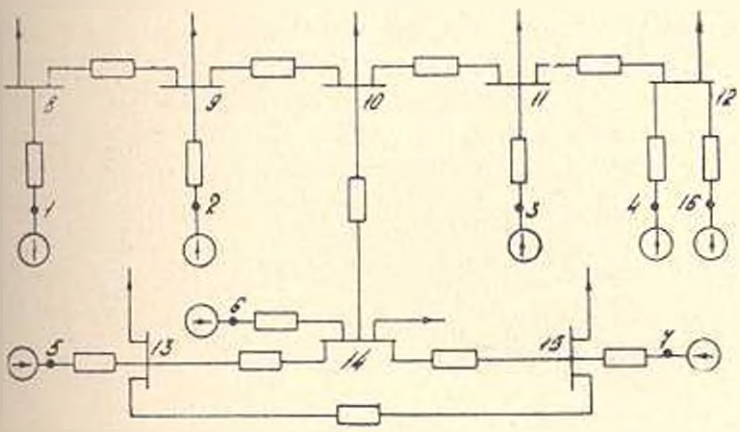

Рис 1.

Таблица 1

Ветви	r	x	Ветви	r	x	Ветви	r	x
1–8	2·4	6·5	6–14	2·7	8·4	11–12	6·0	18·0
2–9	2·2	6·4	7–15	1·8	9·1	10–14	3·1	38·6
3–11	2·0	9·3	8–9	13·0	34·0	13–14	6·0	15·0
4–12	1·9	9·5	9–10	2·0	31·8	14–15	4·0	9·0
5–13	3·3	10·0	10–11	5·5	42·2	13–15	4·0	10·0

Результаты расчетов представлены в табл. 2. Здесь U — напряжение, *кв*; P — активная мощность, *мвт*; Q — реактивная мощность, *мвар*.

Из табл. 2 видно, что в случае неучета уменьшения реактивных сопротивлений сети в процессе снижения частоты уровни напряжения в системе оказываются заниженными. В большей мере это относится к узлам аварийной части энергосистемы, где напряжения, рассчитанные с учетом и без учета изменения сопротивлений, отличаются в пределах до 1,25% от номинального при частоте 48 *гц* и до 2,5% — при частоте 46,7 *гц*. Вследствие этого в первом случае, в соответствии со статическими характеристиками нагрузок по напряжению, имеет место небольшое занижение как потребляемой, так и генерируемой активной мощности. Так, в случае неучета влияния частоты на величину реактивных сопротивлений сети дефицит активной мощности в системе становится равным нулю при частоте 46,7 *гц*, в случае же учета этого влияния при той же частоте дефицит составляет примерно 4% от первоначального значения. Разница не велика, если учесть, что устройства АЧР приняты заблокированными. Что же касает-

Таблица 2

Узлы	f = 50 гц						f = 48 гц						f = 46·7 гц					
	Нормальный режим			Аварийный режим			$x = x_0$			$x = fx_0$			$x = x_0$			$x = fx_0$		
	U	P	Q	U	P	Q	U	P	Q	U	P	Q	U	P	Q	U	P	Q
1	236·0	480	297	235·5	483	302	228·2	504	322	228·5	507	318	225·2	482	322	225·8	485	315
2	238·0	700	497	237·1	711	518	226·9	739	600	227·4	743	592	224·0	705	597	224·8	707	579
3	234·0	350	409	225·7	417	485	212·5	365	567	213·7	368	555	208·3	344	568	210·7	349	542
4	235·0	808	655	218·4	618	540	210·2	330	668	210·8	333	660	206·1	292	672	207·5	302	659
5	235·0	190	144	234·2	192	149	225·5	201	165	225·9	202	163	222·6	192	164	223·3	193	160
6	234·0	230	157	232·7	234	163	222·4	241	188	222·9	241	185	219·3	232	186	220·4	232	180
7	237·0	350	196	236·2	356	204	228·2	370	237	228·5	372	234	225·3	352	238	225·9	354	231
8	223·1	—380	—260	222·5	—379	—259	213·9	—346	—258	214·8	—347	—259	211·1	—329	—259	212·4	—331	—261
9	218·6	—600	—400	216·9	—596	—395	203·4	—530	—380	204·6	—533	—382	200·4	—501	—380	202·8	—506	—385
10	217·2	—100	—20	211·8	—98	— 19	188·6	— 86	— 18	191·5	— 89	— 18	185·1	— 81	— 18	190·6	— 82	— 18
11	214·9	—510	—340	202·3	—482	—316	184·4	—417	—320	187·1	—422	—320	179·8	—390	—326	185·0	—401	—326
12	215·3	— 800	—530	191·0	—721	—481	177·3	—629	—478	179·6	—636	—480	172·8	—584	—480	177·2	—598	—484
13	226·3	—200	—140	225·1	—199	—139	215·4	—178	—135	216·1	—179	—136	212·4	—168	—134	213·8	—169	—136
14	225·8	—170	—100	224·2	—169	— 98	212·5	—151	— 93	213·4	—152	— 94	209·5	—143	— 92	211·2	—144	— 94
15	227·1	—250	—160	225·9	—249	—159	216·2	—224	—158	216·9	—225	—159	213·2	—211	—159	214·6	—213	—160
Потери	ΔP = 98 ΔQ = 405			ΔP = 118 ΔQ = 493			ΔP = 189 ΔQ = 907			ΔP = 186 ΔQ = 859			ΔP = 185 ΔQ = 899			ΔP = 176 ΔQ = 793		

ла реактивной мощности, то при неучете исследуемого влияния потребление ее меняется мало, а генерация возрастает довольно значительно вследствие увеличения соответствующих потерь в сети.

По результатам исследования могут быть сделаны следующие практические выводы. Расчеты на ЭЦВМ режимов энергосистем, связанных с аварийным дефицитом мощности, с учетом изменения реактивных сопротивлений сети от частоты необходимо выполнять с использованием таких программ установившегося режима, в которых предусматривается сохранение начальных параметров схемы r и x в течение всего расчета. Аналогичные расчеты на ЭЦВМ и АМЭС без учета указанного влияния дают несколько заниженные уровни напряжения в узлах и завышенный уровень зависания частоты. Некоторое увеличение объема АПВ, полученное в результате таких расчетов, следует отнести в запас, так или иначе предусматриваемый ввиду вероятностного характера возникновения дефицитов.

АРМНИИЭ

Поступило 15. V. 1972.

Ա. Ն. ՂՈՒԿԱՍՅԱՆ

ՅԱՆՑԻ ՌԵԱԿՏԻՎ ԴԻՄԱԿԱՅՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՓՈՓՈԽՄԱՆ ԱԶԴԵՑՈՒԹՅԱՆ ԴԱՀԱՏՈՒՄԸ ԷՆԵՐԳԱՀԱՄԱԿԱՐԳՈՒՄ ՀԱՃԱԽՈՒԹՅԱՆ ԻՋՆՑՄԱՆ ԴՆՊՔՈՒՄ

Ամփոփում

ԷՄՀՄ-ի վրա կատարված հաշվարկների հիման վրա տրված է ցանցի ռեակտիվ դիմադրությունների փոփոխման ազդեցության որակական և քանակական դնահատումը էներգահամակարգում հաճախության վիճակային իջեցման դեպքում։ Ցույց է տրված, որ նշված ազդեցություններ հաշվի չառնելու դեպքում հանդույցների լարումները ստացվում են որոշ չափով ցածր, իսկ հաճախության փոքրացումն արժեքը՝ բարձր իրական մեծություններից։ Այդպիսի հաշվարկների հիման վրա ընտրված բնի անջատման անհրաժեշտ ծավալը ստացվում է որոշ պաշարով, որը միևնույնն է նախատեսվում է, նկատի ունենալով հզորության պակասությունների ծագման հավանականային բնույթը։