

자가용전기설비의 공사계획과 설계

— 변압기용량 선정 중심으로 —

글/김기욱(대한전기기사협회 기술실장)

머리글

전기사업법 시행규칙 개정으로 인하여 자가용전기설비를 계획하는데 필수조건으로 변압기용량 산출근거를 제출하도록 되어 있으므로 자가용전기설비의 신설에 필요한 공사계획중 변압기용량선정을 중심으로 기술하고자 한다.

1. 공사계획

가. 기본적 사항과 계획순서

수용가의 업종, 규모, 수전의 형태, 지리적 조건, 건설비 등에 따라 여러가지가 있으나 계획하는데 있어서는 일반적으로 다음과 같은 조건을 구비하도록 하여 검토를 진행시킨다.

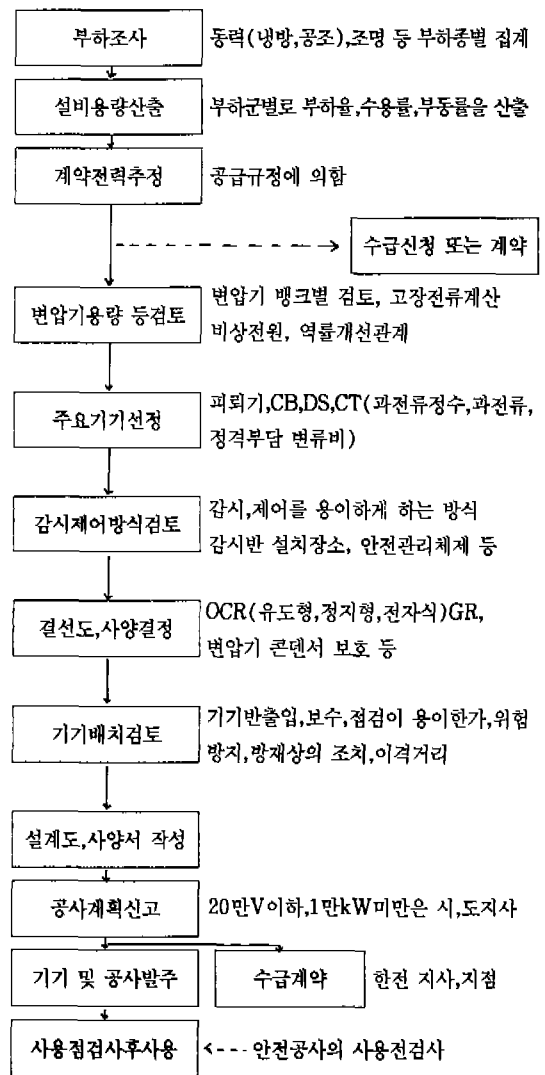
(1) 기본적 사항

- ①설비의 신뢰도가 높을 것
- ②안전한 설비로 할 것
- ③운전보수 및 점검이 용이할 것
- ④증설 및 확장에 대처될 수 있을 것
- ⑤방재대책 및 환경보전에 유의할 것
- ⑥건설비 및 운전유지비가 저렴할 것

(2) 계획순서

건물의 연면적, 층수 등의 규모, 용도, 입지조건, 사업상 고유의 요구조건, 건설비 예산 등을 염두에 두고 검토를 추진한다.

또 수전방식, 인입방식, 재산 및 책임분계점, 계약전력 등에 대하여 전력공사와 협조함과 동시에 그 지역을 관할하는 시·도지사 혹은 환경청, 소방서 등의 감독기관과 상담하여 지도를 받는 것도 필요하다. 계획순서는 그림 1과 같다.



<그림 1> 계획순서

2. 수전설비의 선정과 부하산정

가. 부하설비의 조사

우선 그 건물, 공장 등에서 부하설비가 어느 정도 인가 조사하는 것이 필요하고 그 합계치에서 소요전력(최대소요전력)을 추정하고 설비용량을 산정한다.

표 1은 공장전력부하설비의 일례이다.

부하의 분포단위마다 부하의 종별, 전압, 용량 및 대수를 정리하여 부하일람표를 작성하면 아주 편리하다. 이에 덧붙여 각 부하의 입력 또는 전류, 역률, 운전조건을 조사한다. 역률불명의 경우에는 표 2에 표시하는 각종부하의 역률에 의하여 추정하면 된다.

<표 1> 공장전력부하설비의 예

공장별	부하종별	기기명	정격전압 (V)	용량 (kW)	대수			
사부소	조명	형광등	110V	0.02	29			
		"	220V	0.04	395			
	동력	소방펌프	200	5.5	1			
		양수펌프		5.5	2			
		컴프레서		1.5	1			
		팬		0.05	1			
		컴프레서		15	1			
		쿠링타워		1.5	1			
		순환펌프(냉수)		3.7	1			
		순환펌프(온수)		0.4	1			
		팬		3.7	1			
		제1공장		조명	형광등	200	0.04	124
					동력	크레인 (0.5t)	1.5	1
				" (1.0t)	2.2	1		
" (2.0t)	2.2		1					
" (2.5t)	3.7		1					
" (5.0t)	3.7		1					
그라인더	0.4		1					
볼반	0.4		1					
시험용 MG	55.0		1					
제2공장	조명		형광등	200	0.04	1018		
		수은등	1.0		4			
	동력	건조로용전동기	200	3.7	4			
		" 팬		1.5	2			
		진공펌프		3.7	2			
		탁상용그라인더		0.4	4			
		열풍송풍기		7.5	2			
		바니스필터		2.2	1			
		볼반		0.4	3			
		크레인		5.5	1			
		소방펌프		11	1			

공장별	부하종별	기기명	정격전압 (V)	용량 (kW)	대수
제2공장	동력	시험용 MG		15	2
		시험용 MG		7.5	3
		권선기		3.7	1
		"		1.5	11
		"		0.75	1
		조각기		0.75	1
		청소기		0.75	1
	히터	건조로	200	40	2
		건조로		80	2
기타	복사기	100	1	3	
제3공장	조명	형광등	200	0.04	4.5
	동력	선반		3.7	7
		"		7.5	1
		소형탁상선반		0.75	2
		쉐퍼		5.5	1
		밀링		2.2	1
		"		3.7	3
		볼반		2.2	1
		"		0.75	1
		탁상볼반		0.4	7
		커터그라인더		3.7	1
		그라인더		2.2	1
		컴프레서		11	1
		니프링		2.2	1
		프레스		7.5	1
		"		1.5	1
		"		2.2	2
		"		0.75	2
		"		0.4	1
곡기계	1.5	1			
"	1.5	1			
용접기	아크용접기		24.4	1	
	"		19	1	
	"		18	2	
	"		25.5	1	
	"		7.4	1	
	"		13.0	1	
	"		12.6	1	
	"		18.0	1	
	"		18.5	1	
스포트용접기	35.0	1			

조명	100V	0.58kW
"	200V	82.08kW
동력	200V	363.5
히터	200V	242.0
용접기	200V	209.4
기타	100V	3.0
계		900.56

<표 2> 각종 부하의 역률

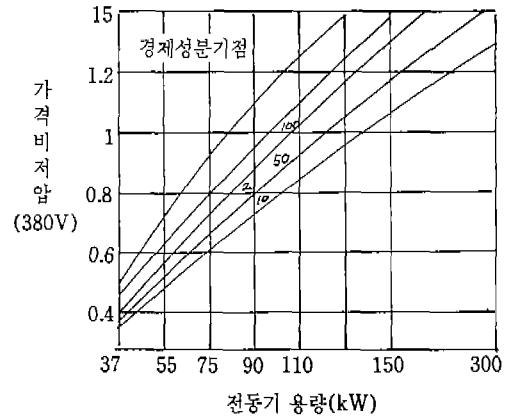
부하의 종류		역률개수(%)			용량개수	
		전부하	1/2부하	무부하		
전동	백열등		100		5~100W	
	아크등		30~70		1~3kW	
	내온관등		40~50		30~150W	
	고압수은등		50		300W	
	나트륨램프		70		100W	
전동기	3상 유도전동기	4극동형저압 0.75kW	82	68	16	
		6극권선형저압 7.5kW	80	72	14	
		8극권선형고압 75kW	86	72	11	
		20극권선형고압 750kW	80	66	6	
		60극권선형고압	68	50	5	
	단상 분상시동형 유도전동기	0.1kW	62	43	21	
	반발시동형	0.2kW	66	45	18	
	반발시동형	0.4kW	72	54	17	
	타상용선봉기		65~75		40W	
	천상용선봉기		50~70		100~150W	
전기드린(교적양용)		90		100~8000W		
전열기계	보통전열기		100		20~100kW	
	유도전열기		85		1~100kW	
	은풍기		90		1kW	
기타	교류아크용접기		30~40		5~20kW	
	교류저항용접기		65		1~20kW	
	아크로		85		100~1000kW	
	저주파유도로		60~80		50~500kW	

나. 부하추정 및 선정자료

(1) 사용전압의 경제분기점

사용전압의 결정은 전동기 케이블 등의 경제성, 배전계통의 신뢰성 등에서 검토할 필요가 있다. 경제성만을 고려하여 결정하면 100~150kW(특고압 22.9kV)가, 저압(220V/380V)의 분기점이라 생각된다.

다시 전동기 등 케이블의 비용에 따라 변화한다. 그림 2는 저압과 특고압의 경제성 비교예를 그래프에 표시한 것이다.



<그림 2> 저압과 특고압의 경제성 비교예

(2) 전동기 결정전류에 개략목표 예

전동기의 정격전류는 보호형식, 극수에 따라 다르나 3상의 경우는 다음식으로 개략의 정격전류는 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 I_n = 4 \times kW & \dots\dots\dots 200V \text{ 급} \\
 2 \times kW & \dots\dots\dots 380V \text{ 급} \\
 1/8 \times kW & \dots\dots\dots 6kV \text{ 급}
 \end{aligned}$$

여기서 I_n : 정격전류[A], kW : 전동기의 정격출력, 기타 부하를 상정하기 위하여 조명 콘센트, 공기 등의 단위 면적당의 소비전력 예를 표3, 표4에 표시하였다.

다. 변압기용량의 결정

(1) 수전용량결정의 수준

수전설비용량은 부하설비용량을 기초로 하여 차순으로 결정하면 된다.

<표 3> 단위면적당의 전동, 콘센트설비 VA수

건물의 종류	[VA/m ²]
공장, 교회, 극장, 영화관, 기숙, 댄스홀	10
여관, 클럽, 학교, 요리, 다방, 음식점, 공중목욕탕	20
주택, 아파트, 상점	30
빌딩	15~40

<표 4> 빌딩의 동력설비 소요마력

부하의 구분		[VA/m ²]
공 조		20~70
일 반 용	급배수위생용	4~20
	엘리베이터용	7~15
	통신기계용	3~4
	전자계산기용	3~6
	총 합	15~40

① 전동부하 및 각 동력부하설비용량에 수용률을 곱하여 개개의 최대 수용전력을 계산한다.

② 계산된 전동 및 각 동력의 최대수용전력에 변압기의 뱅크를 나누는 것을 고려하여 뱅크마다에 최대수용전력을 산출한다. 뱅크 최대수용전력은 동일 뱅크에 걸리는 부하의 최대수용전력 합계를 각 부하간의 부동률로 나누어서 구한다.

③ 뱅크 최대수용전력의 합계에 고장시 대책 및 부하증가를 고려한 후에 수전설비용량을 결정한다.

(2) 수용률이란

$$\text{수용률} = \frac{\text{최대수용전력}}{\text{총 설비용량}} \times 100[\%]$$

<표 5> 동력부하의 수용률

부하의 종류	수용률의범위(%)	수전용량결정상의 수용률
· 펌프, 컴프레서 · 엘리베이터, 송풍기	20~60	40
· 각종 공장의 반연속적 운전하는 전동기	50~80	60
· 직물공장과 같은 연속 운전하는 전동기	70~100	90
· 아크로	80~100	100
· 유도로	80~100	80
· 저항용접기	10~40	30
· 저항식 가열기, 오븐	80~100	90

로 표시되는 값을 표 5, 표 6에 그 일례를 표시한다.

<표 6> 빌딩의 수용률

구분	건물의 종류	
	백화점·상점	사무실·빌딩
전동부하	74.1~100.5	43.2~78.4
동력부하	38.0~63.3	41.0~53.8
공조부하	44.7~57.7	56.3~89.2
총합수용률	47.9~62.7	41.4~56.1

<표 7> 부동률

구 분	부 동 률
전동변압기와 동력변압기간	1.1
동력변압기 상호간	1.36

(3) 부동률이란

$$\text{부동률} = \frac{\text{각 부하의 최대수용전력의 계}}{\text{합성최대수용전력}}$$

로 표시되어 동력부하 상호간 및 전동부하와 동력부하와의 사이의 부동률을 각 부하의 예상부하곡선, 최대수용전력을 고려하여 추정한다. 배전계용 변압기간의 부동률을 표시하면 표 7과 같다.

변압기의 뱅크를 나누는 법을 2차측회로의 전기방식을 어떻게 하느냐에 따라 다르게 된다. 최근 대용량 건물에서 380V급 3상4선식을 채용하여 전동 및 동력부하를 하나의 뱅크로 사용하는 일이 많아졌다.

이와 같이 전동 및 동력부하를 하나의 변압기 뱅크에서 공급할 때는 전동·동력간의 부동률에 의하여 수전설비용량이 경감되는 이점이 있다.

변압기의 설비용량은 이상과 같이 고장시 대책 및 부하증가의 점을 고려하면서 그 변압기에서는 공급하는 부하설비의 최대전력에 견디고 또 될 수 있는 한 부하율을 높게 하고 선택결정을 하는 것이 필요하다.

[계산 1] 연면적 10,000m²의 빌딩에서의 설비마다 VA/m²을

- 전동·콘센트설비 30VA/m²
- 공조동력설비 40VA/m² 라 하면
- 일반동력설비 50VA/m²

$$\begin{aligned} \text{부하설비용량} &= (30 + 40 + 50) \times 10,000 \\ &= 1,200[\text{kVA}] \end{aligned}$$

- 즉 전동콘센트설비 300kVA
- 공조동력설비 400kVA
- 일반동력설비 500kVA

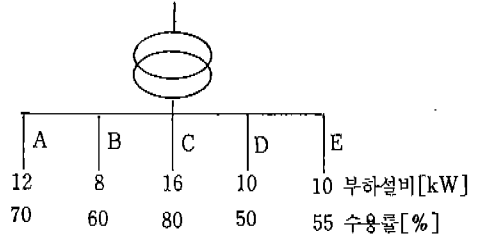
각 설비마다의 수용률을 전동부하 70%, 공조부하 60%, 일반동력부하 40%라 하면

$$\begin{aligned} \text{최대수용전력} &= 300 \times 0.7 + 400 \times 0.6 + 500 \times 0.4 \\ &= 210 + 240 + 200 = 650[\text{kVA}] \end{aligned}$$

따라서 전동뱅크는 단상변압기 120kVA 그대로 하고, 동력뱅크는 삼상변압기 250kVA, 200kVA로 하여 공조와 일반동력을 다른 뱅크로 하면 좋다고 생각된다.

- 즉 - 전동변압기 단상 120[kVA]×2대
- 동력변압기 3상 250[kVA]×1대
- 200[kVA]×1대

이때 수전설비용량은 690kVA가 된다.



<그림 3>

각 회로의 최대수용전력은

A $12 \times 0.7 = 8.4$

B $8 \times 0.6 = 4.8$

C $16 \times 0.8 = 12.8$

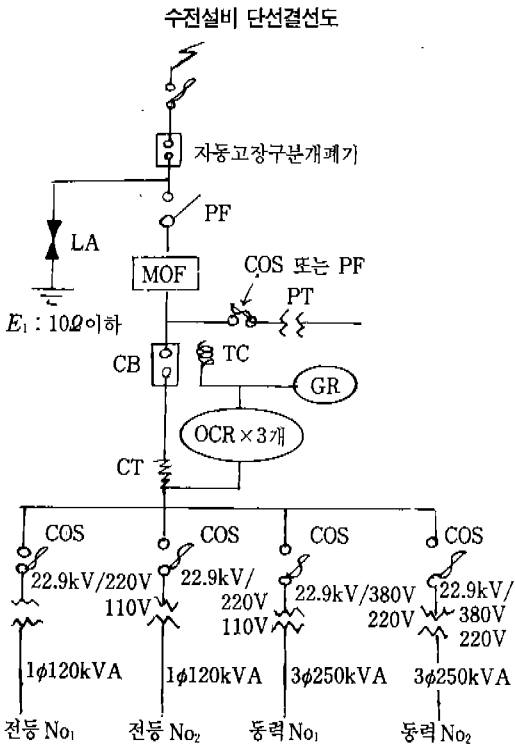
D $10 \times 0.5 = 5.0$

E $10 \times 0.55 = 5.5$

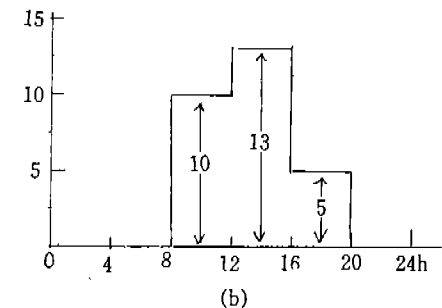
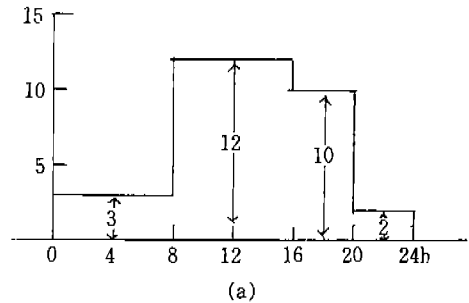
계 36.5[kW]

부동률 = $36.5 \div 30 = 1.21$

[계산 3] 섬유 1공장의 전동부하가 그림 4(a)일 때 이 공장의 일부하율은 얼마인가?



[계산 2] 그림3 회로의 총합 최대전력을 측정한다면 30kW이었다. 이 회로의 부동률은 얼마인가?



<그림 4>

$$\text{평균전력} = \{(3 \times 8) + 12 \times 8 + (10 \times 4) + (2 \times 4)\} / 24 = 7$$

그러므로 일부하율 = $(7/12) \times 100 = 58.3\%$

[계산 4] 섬유 2공장의 전동부하가 그림 4의 경우 그림(a)의 섬유1공장과 1대의 전동변압기로 공급할 경우 변압기 용량을 구하시오. 단, 평균전력을 90%로 한다.

제1, 제2공장의 합성부하는 그림 5와 같이 된다. 따라서 변압기 용량은 $25 \div 0.9 = 27.8[\text{kVA}]$, 즉 30 [kVA]가 된다.

[계산 5] 어느 특고압수용가의 전동부하 및 동력부하는 그림 6과 같고 전동부하의 합성역률은 90%, 전동군의 부동률 1.2이고 동력부하의 합성역률 75%, 동력군의 부동률 1.5로 하였을 때, 전동, 동력변압기 각기의 용량을 구하시오.

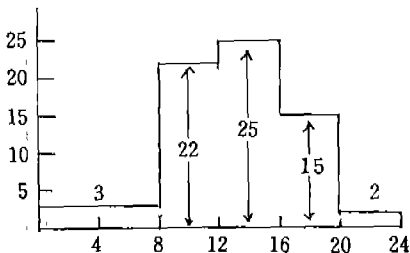
① 전동부하

$$\begin{aligned} \text{최대수요전력 } 30 \times 0.7 &= 21 \\ 40 \times 0.6 &= 24 \\ 50 \times 0.7 &= 35 \\ \text{계 } &80(\text{kW}) \end{aligned}$$

전동부하의 합성최대전력은 $80 \div 1.2 = 66.7[\text{kW}]$
합성역률을 고려하여 $66.7 \div 0.9 = 74.1[\text{kVA}]$
75kVA로 한다.

② 동력부하

$$\begin{aligned} \text{최대수요전력 } 75 \times 0.6 &= 45 \\ 100 \times 0.8 &= 80 \\ 90 \times 0.4 &= 36 \\ \text{계 } &161(\text{kW}) \end{aligned}$$

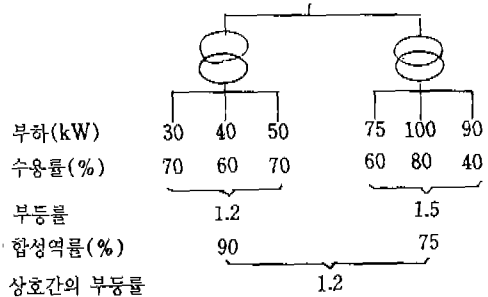


<그림 5>

동력부하의 합성최대전력은 $161 \div 1.5 = 107.3[\text{kW}]$
합성역률을 고려하면 $107.3 \div 0.75 = 143.1[\text{kVA}]$
150kVA로 한다.

또 전동과 동력의 합성최대수용전력은 상호간의 부동률을 고려하여 다음과 같이 한다.

$$(67 + 107.3) \div 1.2 = 145[\text{kW}]$$



<그림 6>

(4) 공장부하설비의 내역을 알고 있을 때

표 1과 같은 부하설비의 내역을 알고 있을 때에는 설비용량을 다음과 같이 한다.

① 전동기부하의 경우

설비용량 =

$$\frac{\text{전동기출력합계}[\text{kW}] \times \text{전동기의 수용률}(\%)}{\text{전동기의 평균역률}(\%) \times \text{전동기의 평균효율}(\%)} \times 10^2$$

$$+ \frac{\text{기타부하설비합계}(\text{kW}) \times \text{기타부하설비수용률}(\%)}{\text{기타부하설비평균역률}(\%) \times \text{기타부하설비평균효율}(\%)} \times 10^2 (\text{kVA})$$

② 조명부하의 경우

설비용량 =

$$\frac{\text{부하합계}(\text{kW}) \times \text{수용률}(\%) \times \text{여유율}(\%)}{\text{역률}(\%) \times K(\%)} (\text{kVA})$$

<표 8> 관등의 역률 및 K의 개수

기구의 종류	역률(%) 개수	K(%) 개수	비고
저역률 형광등	50~70	70~85	
고역률 형광등	90~95	70~85	시동시 1.3~
고역률 수은등	90~95	75~95	1.8배의 전류가
고역률 하로겐등	90~95	85~95	흐른다.
고역률 나트륨등	90~95	85~95	
백열전등	100	100	

<표 9> 수용률의 예

건물의 종류	수용률의 개수(%)	
	10kVA이하	10kVA초과분
호텔, 여관, 병원, 창고	100	60
사무실, 은행, 학교	100	70
기 타	100	100

단, $K = \frac{\text{표시}W}{\text{입력}W} \times 100\%$

표 8의 관동의 역률 및 K의 개수를, 표 9에 업종별 수용률의 일예를 표시하였다. 여유율은 설비의 내용에 따라 부하용량의 변경이나 장래의 증설분 등을 고려하여 결정한다.

(마) 공장의 부하설비의 내역이 명확하지 않을 때 공장의 업종 규모에 따라 추정을 하는 방법이 있

다. 우선 단위생산량당의 필요전력량[kWh] (원단위 전력량이라 한다)과 월간계획생산량에서 다음식으로 최대수용전력을 구한다.

$$\begin{aligned} & \text{최대수용전력} = \\ & \frac{\text{원단위 전력량(kWh)} \times \text{1개월의 계획생산량}}{\text{1개월의 조업시간(h)}} \\ & \times \frac{100}{\text{일(또는월)부하율(\%)}} \text{[kW]} \end{aligned}$$

최대수용전력이 얻어지면

$$\text{설비용량} = \frac{\text{최대수용전력[kW]}}{\text{평균역률(\%)}} \times 100 \text{(kVA)}$$

이 계산된다.
 또 부하율이란, 어느 기간(1일 혹은 1개월, 1년 등)에서의 평균수용전력과 최대수용전력의 비를 표시한 것이다.



행정용어

[비고] × : 순화한 용어만, → : 가능한 한 순화한 용어만, △ : 순화대상 용어 그대로, ○ : 순화대상 용어, 순화한 용어

순화대상용어	순화한 용어	구분
가가호호(家家戶戶)	집집마다	×
가각(街角)	길모퉁이	×
가감(加減)	더하고 빼기	→
	덧셈·뺄셈·곱셈·나눗셈·더하기·빼기·곱하기·나누기	→
가건물(假建物)	임시 건물	×
가건축(假建築)	임시 건축	×
가검물(可檢物)	검사 대상물	×
가격(價格)	값	○
가격표(價格表)	값표	○
가격표기(價格表記)	값표시	○
가격(加擊)하다	치다, 때리다	×
가결의(假決議)	임시 결의	×
가결(可決)하다	통과하다, 결정하다	→
가계(加計)	결셈	→
가계(家契)	집문서	×
가고(可考)	참고할 만한, 생각할 만한	×
가고(家故)	집안일	×
가고(籠)	바구니, 종다래기	×
가공(加功)	<법>	△
가공(加工)		△
가공(架空)	공중에 설치된	→
가공삭도(架空索道)	하늘차, 하늘차길	×
가공선(架空線)	공중 전선	→
가공인물(架空人物)	꾸민 인물	→
가공적(架空的)	꾸며낸	→
가공(可恐)할	두려운	×

순화대상용어	순화한 용어	구분
가과(假果)	헛열매	×
가관(可觀)	볼 만함	○
가교(假橋)	임시 다리	×
가교(架橋)	다리 놓음, 다리놓기	→
가교사(假敎舍)	임시 교사	×
가교실(假敎室)	임시 교실	×
가구(家具)	세간	○
가구(家口)	집안 식구, 세대	○
가규(家規)	집안 규칙	→
가금(假金)	개금, 가짜금	×
가금(家禽)	집새	○
가급(加給)	더 줌, 얹어 줌	→
가급적(可及的)	될 수 있는 대로, 되도록이면	×
가기(佳期)	좋은 철	×
가나모노(金物)	금속 공구, 금속 기구	×
가납(加納)	임시로 냄	×
가내수공업(家内手工業)	집안 수공업, 가족 수공업	→
가네기리(かねきり)	쇠톱	×
가능성(可能性)		△
가능(可能)한	할/될 수 있는 대로	○
가능(可能)한 한	될 수 있는 대로	○
가담(加擔)	거들, 거들어 줌	○
가당(可當)찮다	당찮다	○
가도(假渡)	임시 내중, 임시 건널	×
가도(假道)	임시 도로, 임시 통로	×
가도(街道)	큰길, 한길	→
가도기레(角布)	모서리천	×